

BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES

DE NANCY

ANCIENNE SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG

FONDÉE EN 1828

Série III. — Tome VII. — Fascicules I à III

7^E ANNÉE. — JANVIER-DÉCEMBRE 1906

BERGER-LEVRAULT ET C^{ie}, ÉDITEURS

PARIS

5, RUE DES BEAUX-ARTS

NANCY

18, RUE DES GLACIS

1906

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

ANNÉE 1906

Séance du 16 janvier

Présidence de M. GODFRIN.

Renouvellement partiel du bureau. — Sont élus, pour l'année 1906 : vice-président, M. Imbeaux ; secrétaire annuel, M. Joly ; administrateur, M. le Dr Charpentier.

Compte rendu financier. — M. Brunotte, trésorier, expose la situation financière de la Société, qui se résume dans les chiffres suivants :

En caisse le 15 janvier 1905.	4 201 ^f 70
Recettes en 1905.	2 561 35
Total.	6 763 ^f 05
Dépenses en 1905, à déduire	1 960 60
En caisse le 15 janvier 1906.	<u>4 802^f 45</u>

Les comptes sont approuvés à l'unanimité et des remerciements sont votés à M. Brunotte pour le zèle qu'il apporte dans la gestion des intérêts de la Société.

COMMUNICATION

M. DE BOUVILLE : *Sur les repeuplements en écrevisses* (1^{re} partie).
Sera continué.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

Séance du 1^{er} février

Présidence de M. GUNTZ.

Correspondance. — M. Imbeaux remercie la Société pour son élection aux fonctions de vice-président.

La Société a reçu de la Société royale des sciences de Bohême l'avis du décès de M. Karl Ritter von Koristka. — Des condoléances ont été exprimées par le secrétaire général.

M. le Recteur de l'Académie fait hommage d'un tiré à part du discours qu'il a prononcé à la séance solennelle de rentrée des facultés. — Remerciments.

COMMUNICATION

M. DE BOUVILLE : *Sur les repeuplements en écrevisses (fin)*. Cette communication, qui paraîtra dans le Bulletin, donne l'espoir que les ruisseaux, sinon les rivières de France, pourront être repeuplés d'ici peu. M. Mer échange quelques remarques avec l'auteur.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

Séance du 15 février

Présidence de M. GUNTZ.

Distinction. — Au nom de la Société, M. le président félicite M. de Metz-Noblat, nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Demande d'échange. — Le journal hebdomadaire *le Progrès agricole et viticole* demande l'échange avec le Bulletin de la Société des sciences et envoie un numéro comme spécimen. La Société estime que ce journal ne répond pas aux questions scientifiques traitées habituellement dans ses réunions et qu'il n'y a pas lieu d'accorder l'échange.

Don d'ouvrages. — M. Grand'Eury fait hommage à la Société de deux notes : 1^o Sur les mutations de quelques plantes fossiles du terrain houiller ; 2^o Sur les graines de *Sphenopteris*, sur l'attribution des *Codonospermum* et sur l'extrême variété des « graines de fougères ». (Extraits des *C. R. de l'Académie des sciences*, séances des 20 novembre 1905 et 2 janvier 1906.) — Remerciments.

Invitation. — L'Académie des sciences de Saint-Louis (États-Unis) invite la Société des sciences à prendre part au banquet commémoratif

du cinquantième anniversaire de sa fondation, qui aura lieu le 10 mars prochain. — Remerciements et félicitations. Chacun étant retenu par ses occupations professionnelles, aucun membre de la Société des sciences ne pourra se rendre à cette aimable invitation.

Proposition. — M. Vuillemin informe la Société que la Société mycologique de France a l'intention de prendre part à l'exposition universelle de Milan ; comme membre du bureau de la Société mycologique, il estime que les mycologues de Nancy devraient envoyer à cette exposition des échantillons, des livres et brochures, en se groupant autour de la Société des sciences de Nancy. Ce serait une occasion, dit-il, de faire ressortir l'importance de notre Société. Cette proposition reçoit un accueil favorable et sera mise à l'étude.

Présentation de nouveaux membres :

1° M. Vogt, professeur de mathématiques appliquées à l'Université de Nancy, directeur de l'Institut électrotechnique, présenté par MM. Arth et Guntz ;

2° M. Cartan, professeur de calcul différentiel et intégral à l'Université de Nancy, présenté par MM. Floquet et Guntz ;

3° M. Gutton, professeur de physique à l'Université de Nancy, présenté par MM. Arth et Guntz ;

4° M. Engel, pharmacien de 1^{re} classe, préparateur de matières médicales à l'École supérieure de pharmacie de l'Université de Nancy, présenté par MM. Klobb et Brunotte.

Les rapports verbaux et l'élection sont remis à la prochaine séance.

COMMUNICATIONS

M. le D^r PAQUY : *Sur la flore du vieux hêtre de Parigoulte*. Cette communication, qui a vivement intéressé MM. les forestiers, a provoqué un échange d'observations entre MM. Henry, Godfrin et Maire. — Paraîtra au Bulletin.

M. BRUNOTTE : *Sur une liane hermaphrodite de houblon, 2^e année d'observation*(¹). Cette communication a été suivie d'une discussion intéressante à laquelle ont pris part de nombreux membres.

M. Brunotte fait aussi, de la part de M. BRUNTZ absent et qui désire prendre date, une communication préliminaire sur la *Découverte d'un organe globuligène chez les Stomatopodes*. M. Bruntz viendra développer sa communication *in-extenso* dans la prochaine séance.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

1. Voir *Bulletin de la Société des sciences*, 1904, p. 173.

Séance du 1^{er} mars

Présidence de M. GUNTZ.

Élections. — M. Brunotte expose les titres scientifiques de M. Engel, et M. Guntz ceux de MM. Vogt, Cartan et Gutton, présentés à la dernière séance. Puis on procède au vote. Les quatre candidats sont élus membres titulaires.

Hommage. — Par l'intermédiaire de M. Thoux, M. le capitaine Marx fait hommage à la Société de la collection autographiée des mémoires présentés à l'Institut par son père, notre regretté collègue, que nous avons eu le chagrin de perdre en 1903. Ces mémoires ont pour titre général : *L'Éther, principe universel des forces*. Ils traitent : 1° de l'attraction universelle ; 2° de l'électricité ; 3° de la constitution moléculaire ; 4° de la matière radioactive. — Touchée de cet hommage, la Société exprime à M. le capitaine Marx sa gratitude, ce dont voudra bien l'informer M. le secrétaire général.

COMMUNICATIONS

M. BRUNTZ développe la communication au sujet de laquelle il n'avait remis qu'une note préliminaire à la dernière séance. Il s'agit de la *Découverte d'organes globuligènes chez les Stomatopodes*.

M. PETITMENGIN : *Notes sur la flore de Lorraine*. Il annonce de plus la découverte, dans les Alpes du Mont-Viso, sur le versant italien du col de la Traversette et tout près de la frontière, de l'*Arabis nivalis* Guss., espèce regardée jusqu'ici comme endémique des Abruzzes. Le massif du Viso est considéré déjà depuis longtemps comme le centre de dispersion de l'*Isatis alpina* Vill., qu'on rencontre également dans les Abruzzes ; c'est donc une intéressante constatation au point de vue de la géographie botanique.

M. VUILLEMIN : *Sur une Mucorinée rare, récoltée par M. Maire dans les forêts du Taygète*. L'échantillon étudié a une double importance : 1° au point de vue des associations d'espèces ; 2° au point de vue description, car il a permis à M. Vuillemin de préciser les descriptions qui avaient été faites de cette espèce.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

Séance du 15 mars

Présidence de M. IMBEAUX.

Correspondance. — M. Engel remercie la Société de l'avoir élu membre titulaire.

Demande d'échange. — L'Université du Nouveau-Mexique demandé l'échange des publications. — Accordé.

COMMUNICATIONS

M. BRUNOTTE : *Présentation de haricots vénéneux à acide prussique.*

M. MAIRE : *Sur les affinités des Microstroma.*

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

Séance du 2 avril

Présidence de M. BOPPE.

Rien d'important à la correspondance.

COMMUNICATIONS

De la part de M. Mathieu MIEG, M. Fliche fait une communication relative à des *Dessins représentatifs sur os, de la station préhistorique de Sierentz (Haute-Alsace)*. De très belles photographies des os gravés circulent dans l'assemblée. Après les avoir considérées, MM. Vuillemin, Paquy et Goury proposent quelques explications au sujet des animaux représentés sur ces os. M. Fliche transmettra ces explications à M. Mieg, qui sera très heureux de les connaître.

M. NOËL expose ensuite les observations, les expériences et les lois à l'aide desquelles il obtient la *détermination du courant qui a amené les éléments d'un conglomérat*.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

N. B. — A cause des vacances de Pâques, il n'y a pas eu de séance le 15 avril.

Séance du 1^{er} mai

Présidence de M. LOPPINET.

Distinction. — M. le président exprime les félicitations de la Société à M. Arth, nommé chevalier de la Légion d'honneur.

Nécrologie. — M. le président prononce l'éloge funèbre de MM. les D^{rs} Stœber et Hecht, décédés depuis la dernière séance.

Correspondance. — M. Clément Méhier, membre de la Société botanique suisse, domicilié à Affreville (Algérie), désire se mettre en relation avec les botanistes qui auraient besoin de renseignements scientifiques sur l'Algérie et offre de leur procurer des échantillons de la flore de l'Afrique du Nord. — Plusieurs membres de la Société prennent bonne note de cette information.

COMMUNICATION

M. MILLOT : *L'Été de la Saint-Martin à Nancy.* — Cette communication donne lieu à un échange de vues entre MM. de Metz-Noblat, de Bouville et l'auteur.

Pour le Secrétaire annuel,

NOËL.

Séance du 15 mai

Présidence de M. GUNTZ.

Mission. — M. le président annonce que, par arrêté du ministre de l'instruction publique, en date du 30 avril dernier, MM. Maire et Petitmengin ont été chargés conjointement d'une mission en Grèce et en Turquie, à l'effet d'y poursuivre des recherches de botanique.

COMMUNICATIONS

M. PETITMENGIN : *Rapport entre les Isatis alpina et Djurjuræ.*

M. HENRY : *Forêts et pluies.* Cette communication donne lieu à un échange de vues entre MM. Wœlflin, Joly et Millot; l'auteur leur donne des détails complémentaires.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

N. B. — A cause du congé de la Pentecôte, il n'y a pas eu de séance le 1^{er} juin.

Séance du 15 juin

Présidence de M. GUNTZ.

Correspondance. — M. le doyen Gross adresse ses remerciements à la Société pour la sympathie qu'elle lui a témoignée lors du décès de son beau-frère, M. le Dr Stœber, notre regretté collègue.

M. Vogt s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

L'Académie de Stanislas adresse à la Société le programme du concours pour le prix Dupeux, à décerner en 1907.

Don d'ouvrage. — M. Millot offre à la Société le Bulletin de la commission départementale de météorologie, année 1905. — Remerciements.

COMMUNICATIONS

M. GUNTZ : *Sur le sous-oxyde de baryum.* M. Klobb demande quelques renseignements complémentaires qui lui sont obligeamment fournis par l'auteur.

M. MAIRE : *Étude des champignons récoltés en Asie Mineure, 1904.* C'est la première partie d'un travail fait en commun par MM. René Maire et Marcel Petitmengin, intitulé : *Matériaux pour servir à l'étude de la flore et de la géographie botanique de l'Orient* (missions du ministère de l'instruction publique en 1904 et en 1905).

Pour le Secrétaire annuel,

PETITMENGIN.

Séance du 15 novembre

Présidence de M. GUNTZ.

Distinctions. — Depuis la dernière réunion, MM. Guntz et Charpentier ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur. — Félicitations.

Dons d'ouvrages. — *Note sur un gui de chêne et un gui de noisetier, trouvés dans la forêt communale de Pouilloux*, par M. Étienne de Chassignol; *Sur la dissimulation de l'iode en présence de matières sucrées* et *Sur la falsification des pâtes dites boules de gomme*, par M. Grélot. — Remerciements.

Candidature. — MM. Henry et Nicklès présentent, comme membre titulaire, M. Nieger, géologue à Nancy. — Conformément au règlement, le rapport et l'élection auront lieu à la prochaine séance.

COMMUNICATION

M. HENRY : *La Forêt accumulatrice d'azote.*

Le Secrétaire annuel,

JULY.

Séance du 1^{er} décembre

Présidence de M. GUNTZ.

Démission. — M. Thoux, inspecteur général des ponts et chaussées, ayant pris sa retraite et quitté Nancy, donne sa démission de membre titulaire.

Proposition d'échange. — M. Petitmengin propose à la Société de demander l'échange de son bulletin avec celui de la Société murithienne du Valais, à Sion (Suisse). — Adopté.

Élection. — Après le rapport verbal fait par M. Nicklès, on procède au vote; M. Nieger est élu membre titulaire.

Protestation. — M. Goury informe la Société qu'une attaque inqualifiable a été dirigée contre l'un de nos confrères par M. Marcellin Boule, professeur au Muséum de Paris, dans la revue *L'Anthropologie*. Cette attaque ne tend à rien moins qu'à prétendre que les os sculptés et gravés trouvés par M. Mieg, publiés et décrits par lui dans le fascicule janvier-mars 1906 de la Société des sciences, sont l'œuvre d'un « fumiste », et que l'on reconnaît, rien qu'au simple aspect des figures, que les dessins tracés sur ces os ont été faits par des instruments métalliques et ne peuvent, par conséquent, être rapportés à l'âge auquel les attribue M. Mieg. M. Goury pense qu'il y a là une attaque très grave non seulement contre l'auteur, notre collègue, mais aussi contre la Société des sciences de Nancy; il demande que la note de M. Boule soit communiquée à M. Mieg. — M. Fliche se charge très volontiers d'informer notre collègue de cet incident. Il fait remarquer du reste que M. Mieg a recueilli les objets en cause dans un terrain vierge où seuls, lui-même et un ouvrier à lui, travaillent aux fouilles. Il ne peut donc être fait de critique d'une telle nature à M. Mieg.

COMMUNICATIONS

M. NICKLÈS : *La zone à « Ammonites planorbis » dans la région de Vitrey (Haute-Saône).*

M. PETITMENGIN : *Nouveautés botaniques vosgiennes.* — Cette communication donne lieu à quelques observations de la part de MM. Fli-

che, Henry, Brunotte et Maire, mettant l'auteur en garde contre les essais d'acclimatation de plantes qui ont pu être faits par quelques botanistes, à diverses époques, sur les sommets des Vosges. D'autre part, il serait intéressant de connaître la nature du sol sur lequel vivent les plantes citées.

M. HENRY : *L'« Hylésine polygraphe », ses dégâts, moyens de destruction.*

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

Séance du 15 décembre

Présidence de M. GUNTZ.

Échange. — La Murithienne, société valaisanne des sciences naturelles, accepte d'échanger son bulletin avec celui de la Société des sciences de Nancy.

Don d'auteur. — M. Grand'Eury fait hommage à la Société de deux notes extraites des *C. R. de l'Académie des sciences* : la première *Sur les graines et inflorescences des Callipteris*, la seconde *Sur les inflorescences des fougères à graines du culm et du terrain houiller.* — Remerciements.

COMMUNICATIONS

M. GOURY : 1° *La Véritable Épée de Brennus*; 2° *Divisions du néolithique dans l'Est de la France.*

Ces deux communications donnent lieu à un échange de vues entre l'auteur et MM. de Metz-Noblat, Henry, Fliche, Guntz et Joly.

Le Secrétaire annuel,

JOLY.

ÉTUDE

DES

CHAMPIGNONS RÉCOLTÉS EN ASIE MINEURE

(1904)

Par RENÉ MAIRE

Ce fascicule contient l'énumération raisonnée des champignons récoltés par nous en 1904, dans une excursion à l'Olympe de Bithynie et dans une traversée de l'Anatolie, d'Angora à Mersina, par Kirchehr, Kaissérie, le mont Argée, Nigdé, les portes de Cilicie, Tarsous⁽¹⁾.

La saison où ce voyage a été effectué (29 août-6 octobre) et la sécheresse exceptionnelle de l'année 1904 expliquent facilement l'absence presque complète de champignons charnus dans notre liste. Par contre, nous avons récolté un assez grand nombre de champignons parasites dans les régions d'une humidité relative, telles que les montagnes de Bithynie, de Cilicie et de Cappadoce, et au bord des ruisseaux sur le plateau central. Les steppes, très pauvres en champignons parasites, présentent cependant en abondance l'*Erysiphe taurica* sur le *Peganum Harmala* et quelques autres plantes.

Il a été jusqu'ici publié peu de choses sur les champignons

1. Nous y avons ajouté quelques champignons parasites que nous avons trouvés sur des plantes phanérogames récoltés par un missionnaire français, le P. GIRARD, aux environs de Sivas et de Kaissérie. Ces plantes sont conservées au couvent des RR. PP. jésuites de Kaissérie, où nous avons pu les étudier, grâce à l'obligeance du supérieur, le P. BABE, auquel nous sommes heureux d'adresser ici nos meilleurs remerciements.

d'Anatolie. Voici la liste des publications sur ce sujet dont nous avons pu avoir connaissance :

1860. P. DE TCHIHATCHEFF. *Asie Mineure*, III. Botanique, II. Paris, Gide, p. 670-672.

Reproduit un certain nombre d'indications de GRISEBACH, *Spicilegium floræ rumelicæ et bithynicæ*, et de RIGLER, *Die Turkei und ihre Bewohner*, se rapportant plus particulièrement aux environs de Constantinople.

1890. R. VON WETTSTEIN, *Beitrag z. Flora d. Orients*, Bearbeitung d. v. A. HEIDER in 1885, in Pisidien und Pamphylien gesammelten Pflanzen. Sitzungsber. d. Math. Naturw. Klasse der K. Akad. d. Wissensch. Vol. XCVIII, 1889. Abt. I. Wien, 1890, p. 353.
1891. P. MAGNUS, *Ein kleiner Beitrag zur Kenntniss der parasitischen Pilze Kleinasiens*. Engl. Jahrb. XIV, 1891, p. 486-493, cum tab. 1.
1893. P. MAGNUS, *Uromyces Bornmülleri* sp. n. aus Kurdistan... Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, Nürnberg.
1894. P. MAGNUS, *Beitr. z. Kenntn. einig. paras. Pilze d. Mittelmeergebietes*, Ber. d. deutsch. Bot. Ges. Vol. XII.
1896. P. MAGNUS, J. Bornmüller, *Iter Persico-turcicum*, 1892-1893. Fungi. Pars I. Zool. Bot. Ges. Wien, 1896, p. 426, c. tab. 1.
1899. P. MAGNUS, J. Bornmüller, *Iter Persico-turcicum*, 1892-1893. Fungi. Pars II. Zool. Bot. Ges. Wien, 1899, p. 87-103, c. tab. 2.
1900. P. MAGNUS, J. Bornmüller, *Iter syriacum*, 1897. *Weiterer Beitrag zur Kenntniss der Pilze des Orients*, Zool. Bot. Ges. Wien, 1900, p. 432-449, cum tab. 2.
1903. P. MAGNUS, *Ein weiterer Beitrag zur Kenntniss der Pilze des Orients*. Bull. Herb. Boissier, 2^e série, vol. III, 1903, p. 573-587, cum tab. 2.
1905. R. MAIRE, *Quelques champignons nouveaux ou peu connus*. Bull. Soc. Mycol. France, XXI, p. 137-167.

Les indications telles que 4/10, 21/9, etc., se rapportent à la date de récolte ; les numéros sont ceux de nos collections en Grèce et en Asie-Mineure, dont les étiquettes portent le titre suivant : R. MAIRE, *Mission botanique en Orient*, 1904. Plusieurs espèces ont été distribuées à divers herbiers avec ces étiquettes numérotées.

Cystopus candidus (Pers.) Lév., Sacc. Syll. VII, 234. = *Albugo candida* O. Kuntze, Engl. et Prantl. Nat. Pflanzenfamil.

Sur les feuilles de *Thlapsi perfoliatum*, Kemer-Kaloyeria, près Sivas, 23/4 1891 (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1123. — Sur les feuilles de *Cleome sp.*, à Sivas, 28/7 1891 (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1137. — Sur *Arabis sp.*, rochers aux portes de Cilicie, 4/10, n° 830. — Sur *Camelina laxa* C. A. Mey., à Develu-Karahissar, Cappadoce (sur des spécimens recueillis par BALANSA, le 18 juin 1856), n° 1154. — Sur *Eruca cappadocica*, à Sivas (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1121.

Cystopus Portulacæ (D. C.) Lév., Sacc. Syll. VII, 235.

= *Albugo Portulacæ* (D. C.) O. Kuntze, Engl. Nat. Pflanzenfam.

Sur les feuilles de *Portulaca oleracea*, dans les champs au bord du Kara-Sou, près Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 21/9, n° 603.

Peronospora Viciæ (Berk.) De Bary, Ann. Sc. Nat., 1863, p. 112, tab. XIII, fig. 10; Berlese, Phycomycet., p. 33, tab. L.

Sur les feuilles de *Vicia Narbonensis*, à Sivas (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD, 10/6 1890), n° 1119.

Oidium erysiphoides Fr.

Sur les feuilles de *Cucumis melo*, dans les jardins, à Talas, près Kaisserie, Cappadoce, 24/9, n° 613. (Forme à petites conidies, $25-33 \times 12-15 \mu$, se rapportant probablement à l'*Erysiphe Cichoracearum* D. C.)

Alternaria tenuis Nees.

Sur les parties nécrosées des taches des feuilles de *Cornus mas* produites par *Phyllosticta taurica*, aux portes de Cilicie, 4/10, n° 828.

Helostroma album (Desmaz.) Pat., Bull. Soc. Mycol. France, 1902, p. 52, cum icone.

Sous les feuilles de *Quercus lusitanica*, dans les ruines de Pompeiopolis, près Mersina, Cilicie, 6/10, n° 810.

OBSERVATIONS. — Nous ignorons ce que peut être le *Microstroma album*, Sacc. Fung. Ital., t. 863; pour le rechercher, nous avons examiné en vain les n°s 1032 et 1033 du *Mycotheca veneta*

de SACCARDO, sans pouvoir trouver sur les spécimens en notre possession autre chose que le *Cylindrium elongatum* Bon. Il est probable que la figure des *Fungi italici* est erronée, soit qu'elle ait été dessinée par erreur d'après un champignon différent, soit qu'elle résulte d'une préparation insuffisante. Un fait viendrait témoigner en faveur de la seconde hypothèse; c'est que le *Microstroma Juglandis* (Bérengr.) Sacc. est aussi figuré comme ayant des conidies solitaires au sommet du conidiophore. Cette dernière espèce a, comme l'*Helostroma album*, des conidies verticillées, mais elles s'insèrent au sommet du conidiophore et non sur un tubercule latéral; leur disposition est fort bien figurée dans les *Fungi imperfecti* de LINDAU, vol. II, p. 19.

Remarquons à ce propos que ni le *Microstroma Juglandis* ni l'*Helostroma album* ne peuvent faire partie des Mucédinées micronémées où les rangent les auteurs depuis SACCARDO. D'une part, le mycélium de ces deux champignons est bien développé; il forme des filaments très fins, s'insinuant entre les cellules du parenchyme spongieux et du parenchyme palissadique de la feuille nourricière, et très distincts des conidiophores. D'autre part, les conidiophores sont agrégés en une colonne compacte, qui sort par un orifice stomatique et qui est produite par un stroma développé dans la chambre sous-stomatique. Chez l'*Helostroma album*, il existe même, autour de la partie inférieure de la colonne formée par les conidiophores, quelques cellules arrondies formant un rudiment de conceptacle. C'est donc, à notre avis, dans les Mélanconiacées, au voisinage des *Colletotrichum*, *Cylindrosporium*, etc., qu'il faut placer les deux genres *Helostroma* et *Microstroma*.

Le *Microstroma Juglandis* avait été rangé également parmi les *Exobasidium* (cf. SCHRÖTER, *Pilzflora von Schlesien*), à cause de ses conidiophores basidiformes, mais l'étude cytologique que nous en avons faite nous permet de rejeter cette opinion. L'absence de karyogamie lors de la formation des pseudo-basides montre qu'elles ne sont en réalité que de simples conidiophores et vient étayer l'opinion de NIESSL citée par LINDAU, *loc. cit.*, p. 18, qui considère le *Microstroma Juglandis* (et aussi l'*Helostroma album*) comme une forme imparfaite.

Ajoutons à ce propos que le *Cylindrium elongatum* Bon. des feuilles de *Quercus*, loin d'être une Mucédinée micronémée comme le veulent les auteurs, possède aussi un mycélium endophyte bien

développé et forme des amas sous-stomatiques, d'où les chaînettes conidiennes s'échappent par l'orifice stomatique pour s'étaler au dehors. Cette espèce, qui se comporte comme un véritable parasite, à la façon de l'*Helostroma*, doit aussi être rapprochée des *Mélanconiacées*.

Marssonina Castagnei (Desm. et Mont.) P. Magnus, Hedwigia. Bd. XLV. = *Glæosporium Castagnei* Desm. et Mont. Cent. VI, n° 79. = *Marssonina Castagnei* Sacc., Fung. Ital., t. 1068.

Sur la face supérieure des feuilles de *Populus canescens*, qu'il couvre de taches grisâtres, à Talas, près Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 24/9, n° 654.

Marssonina Juglandis (Lib.) Magnus in Hedw., Bd. XLV.

= *Marssonina Juglandis* Sacc. Syll. III, 768, Fung. Ital. t. 1095.

Sur les feuilles de *Juglans regia*, dans les jardins, à Kirchehr et à Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 25/9, n° 717.

Phyllosticta taurica R. Maire. nov. sp.

Conceptaculis minutis, brunneis, sphæroideis, membranaceis, in macula arida grisea purpureo-marginata insidentibus; sporophoris brevissimis; spermatiis bacilliformibus, hyalinis, utrinque acutatis, rectis vel curvulis, 6-8 × 1-1,5 μ.

In foliis *Corni maris* in monte Tauro prope Pylas Cilicias, 4/10, n° 828. Socia *Alternaria tenuis* Nees.

Ce champignon tend vers les *Septoria* par ses spermaties bacillaires, filiformes.

Phyllosticta doronicella R. Maire.

Sur les feuilles de *Doronicum Thirkei*, dans la zone silvatique supérieure de l'Olympe de Bithynie (Kéchich-Dagh), 1 700 mètres, 30/8, n° 462.

OBSERVATIONS. — Ce *Phyllosticta* était associé avec des périthèces immatures, même sur les feuilles radicales déjà desséchées; il n'y a, même sur les plus jeunes feuilles, aucune trace de forme conidienne, bien que les taches formées par le champignon soient assez semblables macroscopiquement à celles produites par le *Fusicladium*. Le mycélium, qui produit à la fois les conceptacles et les périthèces, présente des caractères particuliers : il est noir, avec une membrane fortement épaissie, plus pâle extérieurement, donc bien différent de celui du *Fusicladium Aronici*. Les spores

des conceptacles n'ont que $5 \times 1 \mu$ et non $8 \times 2 \mu$ comme celles du *Phyllosticta Aronici* Sacc. Aussi désignons-nous provisoirement le champignon du *D. Thirkei* sous le nom de *Phyllosticta daronicella*. En voici une brève diagnose :

« *Maculis nigris, valde limitatis, hypophyllis; conceptaculis globosis, atro-brunneis, apice pertusis, epapillatis; sporophoris brevibus, hyalinis; sporis hyalinis, ovoideis vel cylindricis, levibus* $5 \times 1 \mu$; *mycelii membrana crassa intus brunnea extus pallidiore; peritheciis immaturis concomitantibus*. Hab. in foliis vivis languidisque *Doronici Thirkei*. »

Il est probable que les périthèces ne mûrissent qu'en hiver sur les débris de feuilles pourrissants.

Leptostromella nivalis R. Maire, nov. sp.

Conceptaculis appplanatis, nigris, opacis, oblongis vel ellipticis, plus minusve irregularibus, subinde confluentibus, rima sæpius obsoleta; sporophoris simplicibus, hyalinis rectis, dense stipatis, $13-18 \times 1 \frac{1}{2}-2 \mu$; sporis acrogenis, hyalinis, levibus, solitariis, cylindricis, $8-11 \times 1 \frac{1}{2}-2 \mu$.

In culmis aridis *Alopecuri textilis*, socia *Hadotia nivali*, cujus verosimiliter pycnidium.

Sur les chaumes desséchés de l'*Alopecurus textilis*, dans la zone alpine du mont Argée, 3 000 mètres, 26/9, n° 1147 (b).

OBSERVATION. — Ce champignon, par ses spores bacillaires courtes, est distinct des autres *Leptostromella* et fait transition vers le genre *Leptostroma*.

Cf. *Hadotia nivalis* (p. 174).

Sphærotheca Humuli (D. C.) Burr., Salmon, Monogr. Erysiph. 45.

Sur les feuilles de *Morina persica*, à Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 23/9, n° 608.

Var. *fuliginea* (Schlecht.), Salmon, Monogr. Erysiph. 49.

Sur les feuilles de *Plantago lanceolata*, à Talas, près Kaisserie (Cappadoce), 24/9, n° 660.

Erysiphe Polygoni (D. C.), Salmon, Monogr. Erysiph. 175.

Sur les feuilles de *Polygonum aviculare*, à Talas, près Césarée de Cappadoce, 24/9, n° 661. — Sur les feuilles de *Convolvulus arvensis*, à Kitchéré, près Angora, 13/9, n° 566. (Forme à mycé-

lium dense et laineux.) — Sur la même plante, à Talas, près Kaisserie, 24/9; n° 592.

Erysiphe taurica Lév., Salmon, Monogr. Erysiph. 215.

Sur les feuilles d'*Epilobium hirsutum*, au bord du Kara-Sou, près de Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 21/9, n° 632 (*Matrix nova*). — Sur les feuilles de *Tropæolum majus*, dans les jardins du village d'Hessarlek (Hissarlik), au-dessus de Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 27/9, n° 761 (*Matrix nova*). Les feuilles de *Tropæolum* attaquées ne portent que l'oïdium; on y trouve un abondant mycélium intercellulaire, qui émet les conidiophores par les stomates. — Sur les feuilles de *Peganum Harmala*, à Kaisserie, 23/9, n° 605 (pas de conidies). — Sur les feuilles de *Verbascum Bithynicum*, dans les forêts de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 494 (*Matrix nova*). — Sur les tiges de *Passerina annua*, à Kaisserie, 23/9, n° 619 (conidies cylindriques $30-45 \times 12-15 \mu$ et périthèces) [*Matrix nova*].

Var. **Zygophylli** R. Maire, Bull. Soc. Sciences. Nancy, 1905.

Sur les feuilles de *Zygophyllum Fabago*, à Angora, 13/9, n° 554.

Phyllactinia corylea (Pers.) Karst. Salmon, Monogr. Erysiph. 224.

Sous les feuilles de *Paliurus aculeatus*, dans la vallée d'Ak-Keupru, au nord des portes de Cilicie, 2/10, n° 902.

Pyrenophora Astragalorum R. Maire, nov. sp.

Peritheciis sparsis, primo tectis, dein erumpentibus, subglobosis, apice setis rigidis, longiusculis, acutis, levibus, fuliginéis, divergentibus ornatis, 200-300 μ diam.; *ascis cylindraceutis vel clavatis*, 80-130 $\times$ 26-36 μ , 2-8-sporis, *paraphysatis*; *ascosporis distichis oblongis*, 34-50 $\times$ 14-26 μ , *rarius usque* 80 $\times$ 28 μ , *flavo-brunneis, dein fuliginéis, levibus, dense muralibus, transverse 7-9-septatis, longitudinaliter 3-septatis, ad septa omnia æqualiter constrictis*.

Hab. in rachidibus putrescentibus foliorum *Astragalorum*.

Olympe de Bithynie, sur *Astragalus* sp., rochers de la zone alpine, 30/8, n° 1156. — Mont Argée, sur *Astragalus gummifer*, au-dessus de Tchomakle, 2000 mètres, 26/9, n° 1157.

NOTA. — Cette espèce paraît bien caractérisée par ses spores de grande taille, très densément et très régulièrement murales, qui font penser à celles du *P. polyphragmia*, bien qu'elles pré-

sentent moins de cloisons transversales. Les asques octosporés ont des spores relativement petites, tandis que dans les asques bisporés on peut trouver des spores géantes.

Clathrospora planispora (Ellis) Berlese, Monogr. Pleosp. p. 200, t. IX, fig. 5; Sacc. Syll., IX, 894; Berlese, Icon. Fung II, p. 32, t. XLIX, fig. 1. = *Pleospora planispora* Ellis in Torrey, Bot. Club, 1883; Ell. et Ev. North Amer. Pyrenom., p. 341; var. *glacialis* R. MAIRE.

A typo differt ascosporis paullulum minoribus, brunneo-fuliginis nec ochraceo-melleis, 30-35 × 16-17 × 7-9 μ.

Sur les chaumes desséchés d'*Alopecurus textilis*, dans la zone alpine du mont Argée, 3 000 mètres, 26/9, n° 1147 (c).

OBSERVATIONS. — La forme ci-dessus correspond, d'une façon à peu près complète, au type américain figuré par BERLESE, *loc. cit.* Périthèces 200-250 μ, asques environ 120-130 × 28 μ, spores 30-35 × 16-17 × 7-9 μ, à cinq cloisons transversales, à loges médianes divisées longitudinalement. Elle ne diffère guère du type que par ses spores un peu plus petites et de couleur brun-noir et non jaune-ocracé; il resterait toutefois à vérifier si cette différence de coloration ne tient pas à une maturation moins complète des spores des spécimens américains.

Clathrospora constricta R. Maire, nov. sp. (fig. 1).

Peritheciis sparsis vel aggregatis, erumpentibus, globoso-de-



FIG. 1. — *Clathrospora constricta* R. Maire.

a, asque à quatre spores.

s, s, spores vues de face.

sp, spore vue de profil. G = 450.

p, périthèces sur un rameau desséché. G = 9.

pressis, levibus, nigris, ostiolo papillato; ascis oblongo-clavatis, rectis vel curvatis, subsessilibus vel breve pedicellatis, 3-8 sporis, paraphysibus filiformibus mox gelificatis obvallatis; ascosporis distichis, levibus, brunneis, ellipsoideo-complanatis, sursum plerumque rotundatis vel obtusis, deorsum sæpe plus minusve acutatis, transverse 3-septatis (loculis mediis septo longitudinali divisis), ad septa constrictis.

Mensur. *Asci octospori* : $95-120 \times 28-34 \mu$.

Asci tetraspori : $85-105 \times 28-31 \mu$.

Ascosporæ : $29-37 \times 16-19 \times 11-13 \mu$.

Perithecia : $280-400 \mu$ diam.*

Hab. in caulibus aridis anni præteriti *Gypsophilæ olympicæ* in zona alpina Olymпи Bithyni.

NOTA. — Ce Pyrénomycète a été rencontré par nous sur des spécimens de *Gypsophila olympica* récoltés par BOISSIER en août 1842. Il nous paraît différer de tous les *Clathrospora* décrits jusqu'ici, par ses spores pauciloculaires, étranglées aux cloisons, ce qui leur donne l'aspect de balles de spores simples.

Polystigma rubrum (Pers.) D. C.

Sur les feuilles d'*Amygdalus communis* à Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 25/9, n° 764.

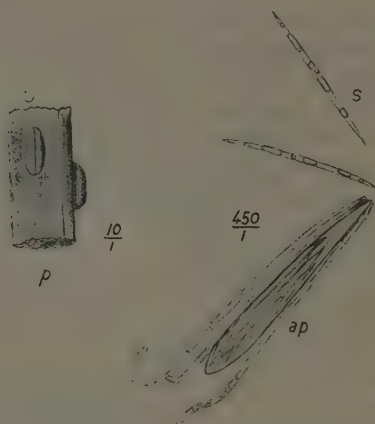
Hadotia (nov. gen. *Hysteriacearum*).

Perithecia superficialia, oblongata, membranaceo-carbonacea, longitudinaliter dehiscentia. Asci 8-spori, cylindraceo-clavati. Ascoporæ *filiformes, hyalinæ*, 1-cellulares vel septatæ, parallelæ stipatæ. Paraphyses filiformes.

OBSERVATIONS. — Ce genre correspond exactement, parmi les *Hystériacées scolécosporées*, aux genres *Hysterium*, *Hysterographium*, *Glonium*, etc., des autres tribus. Il vient combler la case 30 du tableau de SACCARDO (Syll. Fung., XIV, p. 26). Dans la classification de REHM (Ascomyceten : Hysteriaceen und Disco-myceten, p. 3), *Hadotia* se place parmi les *Hystérinées*, où il correspond au genre *Lophodermium* des *Hypodermineés*. Nous dédions ce genre au Dr HADOT, de Pouxoux (Vosges), mycologue distingué, qui emploie à l'étude des champignons vosgiens tous les loisirs que lui laisse sa clientèle et a enrichi la flore mycologique de sa région de plusieurs espèces rares.

Hadotia nivalis R. Maire, nov. sp. (fig. 2).

Peritheciis culmigenis, sparsis, nigris, nitidis, levibus, membranaceo-carbonaceis, oblongatis utrinque rotundatis, $3\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{4}$ mm $\times$ $1\frac{1}{2}$ - $3\frac{1}{4}$ mm, rima perithecii longitudinem æquante demum hiantibus; hymenio hygrophano, udo griseo, sicco albido; ascis cylindraceo-clavatis, apice conoideo, obtuso, sessilibus vel breviter pedicellatis, 80 - 110×8 - 11 μ ; ascosporis parallele stipatis, rectis vel flexuosis, apice rotundatis, basi longe attenuatis acutis, 50 - $80 \times 1\frac{1}{2}$ - 2 μ , sæpe 1-3 septatis; paraphysibus filiformibus ascos superantibus, apice flexuosis vel circinatis.

FIG. 2. — *Hadotia nivalis* R. Maire.

p, périthèces vus de face et de profil. G = 10.

ap, asque et paraphyses.

s, spores. G = 450.

Sur les chaumes desséchés d'*Alopecurus textilis* Boiss. dans la zone alpine du mont Argée (Erdjias-Dagh) au-dessus de Kaisserie, Cappadoce, 26/9, n° 1147.

OBSERVATIONS. — Ce champignon se rapproche de certains *Lophium* dont il reste distinct par son périthèce hystériiforme et par ses paraphyses non rameuses. On trouve avec lui une forme imparfaite qui en est sans doute l'état pycnidien; nous décrivons cette forme imparfaite sous le nom de *Leptostromella nivalis*. Cf. page 8.

Les périthèces paraissent parfois immergés lorsqu'ils se sont formés entre la tige et une gaine foliaire plus ou moins désagrégée, à travers laquelle ils viennent s'ouvrir au dehors, mais ils ne se développent jamais dans les tissus comme les périthèces du *Lophodermium arundinaceum*, auquel notre champignon ressemble par ses asques, ses spores et ses paraphyses.

Phialea Stipæ (Fuckel) Rehm, var. *stigmaion* Rehm, Exsicc. ASCOM. 767. Teste REHM !

Sur les chaumes desséchés de l'*Alopecurus textilis*, dans la région alpine du mont Argée, 3 000 mètres, 27/9, n° 1147 (d). Sur les feuilles desséchées de la même plante, dans la même localité (BALANSA, ann. 1856, in Herb. Univ. Nancy).

OBSERVATIONS. — Ce champignon paraît être une variété alpine du *P. stipæ*. Il n'a en effet été rencontré jusqu'ici que par REHM dans la zone alpine du Tyrol, sur *Phleum* et *Nardus*, et dans la zone alpine de l'Argée.

Sphacelotheca Reiliana (Kühn) Clinton, Proc. Boston Soc. Nat. Hist., XXXVI, 1904. = *Ustilago Reiliana* Kühn, Sacc. Syll., VII, 471.

Sur *Sorghum halepense*, dans les ruines de Pompeiopolis, près Mersina, Cilicie, 6/10, n° 851.

Sphacelotheca Ischæmi (Fuck.) Clinton, Proc. Boston Soc. Nat. Hist., XXXVI, 1904. = *Ustilago Ischæmi* Fuck, Sacc. Syll. VII, 454.

Dans les inflorescences de l'*Andropogon ischæmum*, aux portes de Cilicie, 4/10, n° 836.

Tilletia lævis (Kühn), Sacc. Syll. VII, 485 !

Dans les ovaires de *Triticum durum*, Tchatalkeuï, Galatie, 16/9, n° 951.

Uromyces Valerianæ (Schum.) Fuck., Fischer Ured. Schw. 54.

II. III. Sur les feuilles de *Valeriana alliariifolia*, dans les forêts d'*Abies Nordmanniana* de l'Olympe de Bithynie, 1 600 mètres, 30/8, n° 550 (*Matrix nova*).

Uromyces Terebinthi (D. C.) Wint., Pilze, 147, Sacc. Syll. VII, 552. = *Pileolaria Terebinthi* Cast. Obs. Ured. I, p. 22.

II. III. Sur les feuilles de *Pistacia terebinthus*, dans les ruines de Pompeiopolis, près Mersina, Cilicie, 6/10, n° 860.

Uromyces Gypsophilæ Cooke, Sacc. Syll. XIV, 276.

II. III. Sur les feuilles de *Gypsophila anatolica*, à Sivas (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1134 (*Matrix nova*).

II. III. Sur les feuilles de *Saponaria vaccaria*, à Tavra (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1135 (*Matrix nova*).

OBSERVATIONS. — La description donnée par SACCARDO, *loc. cit.*, est encore très incomplète en ce qui concerne les téléutospores. Aussi donnons-nous ici la description de l'*Uromyces* du *G. anatolica* et du *S. vaccaria*.

Soris utriusque formæ in maculis pallidis insidentibus, uredosporiferis cinnamomeo-brunneis, minutis, rotundatis, in maculis pallidis insidentibus; uredosporis ovoideis vel subglobosis, flavo-brunneis, echinulatis, 2-3 poros æquatoriales papilla hyalina, applanata, 2-3 µ. crassa opertos gerentibus, 21-29 × 16-24 µ; teleutosporiferis majusculis, atro-brunneis, uredosporis sæpius immixtis; teleutosporis subglobosis vel ovoideis, episporio crassiusculo (2,5-3 µ), intense fusco, grosse et sparse verrucoso, apice papilla hyalina, hemisphærica vel applanata auctis, 11-27 × 21-24 µ; pedicello hyalino, evanido.

Hab. in foliis *Gypsophilæ anatolicæ* Boiss. et Heldr. et *Saponariæ vaccariæ* L.

Uromyces caryophyllinus (Schrank.) Wint.

III. Sur les tiges de *Buffonia virgata*, sur les collines au-dessus de Kaisserie (Césarée de Cappadoce), 23/9, n° 614 (*Matrix nova*).

L'*U. caryophyllinus* n'avait encore été rencontré que sur des Silénées; la forme du *Buffonia* présente des téléutospores identiques à celles des *Dianthus*, *Tunica*, *Saponaria*, etc. Les fines verrues des téléutospores sont assez difficiles à voir dans le lactophénol, mais on y arrive cependant, en observant avec attention, au moyen d'un objectif à immersion.

Uromyces proeminens (D. C.) Lév., Sacc. Syll. VII, p. 553 (pro parte), Magnus, Ber. d. D. Bot. Ges., XIV, 1896.

I. III. Sur *Euphorbia chamæsyce*, à Sivas (P. GIRARD), n° 1136.

Uromyces excavatus (D. C.) Cooke; Magnus, Hedw. 1877, 71.

= *U. scutellatus* Lév., Sacc. Syll. VII, 552 ! R. Maire, Bull. Soc. Mycol. France, 1905, p. 147.

Sur l'*Euphorbia tinctoria*, dans le massif du mont Argée, entre Tékir et Tchomakle, 1 800 mètres, 26/9, n° 666.

OBSERVATIONS. — Cet *Uromyces* infecte la plante nourricière en totalité ou presque en totalité, déformant les tiges atteintes, qui restent simples et dont les feuilles se couvrent des fructifications du parasite. Les tiges attaquées sont entièrement stériles ; on trouve parfois à côté d'elles, sur le même pied, des tiges saines qui fleurissent, mais dont la ramification est beaucoup moins développée que celle des plantes normales. L'*Uromyces* ne produit que des téléutospores, même sur les plus jeunes feuilles. Par là, il se distingue de l'*U. tinctoricola* Magnus, parasite de la même Euphorbe, qui diffère encore par ses sores plus grands, pulvinsés, les téléutospores à pédicelle plus long et à épispore couvert de très grosses verrues, de forme irrégulière, souvent très allongées.

Notre *Uromyces* a au contraire des sores petits, excavés, des téléutospores à pédicelles plus courts, arrondies ou ovoïdes, à épispore finement verruqueux. Bien que nous n'ayons remarqué dans les sores aucune urédospore, nous pensons que les différences morphologiques sont insuffisantes pour séparer ce champignon de l'*U. excavatus* (D. C.) Magnus des *Euphorbia cyparissias*, *verrucosa*, etc. La forme qui croît en Espagne sur l'*E. luteola* (Cf. R. MAIRE, Bull. Soc. Mycol. France, 1905, p. 147, sub *Uromycete scutellato* Lév., Sacc., non D. C.) est extrêmement voisine de celle de l'*E. tinctoria* et produit sur la plante nourricière des déformations très analogues.

Des expériences d'infection permettront probablement un jour de déceler parmi ces *Uromyces* des espèces biologiques adaptées aux diverses espèces d'Euphorbes qui les hébergent.

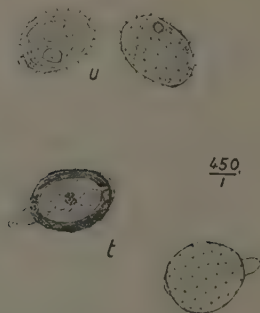
L'*U. excavatus* était accompagné, sur les Euphorbes qu'il infectait, par le *Melampsora Helioscopiæ* dont les sores urédosporifères jaunes-orangés se mêlaient aux sores bruns-noirs de l'*Uromyces*.

Uromyces Alchemillæ (Pers.) Wint., Fisch. Ured. Schw. 44.

II. III. Sur les feuilles d'*Alchemilla acutiloba* Stev. dans la zone alpine de l'Olympe de Bithynie, 1 800-1 900 mètres, 30/8, n° 544.

Uromyces argæus R. Maire, nov. sp. (fig. 3).

Soris uredosporiferis maculis pallidis insidentibus, mox nudis, minutis, rotundatis, sparsis, cinnamomeo-brunneis; uredosporis ovoideis vel ellipsoideis, $19-30 \times 18-25 \mu$, episporio dilute brunneo, sparse verruculoso, 3, rarius 2 poros gerentibus; soris teleutosporiferis atro-brunneis, minutis, pulverulentis, rotundatis, spar-

FIG. 3. — *Uromyces argæus* R. Maire.

u, urédospores, coupe optique et vue de la surface.

t, téléutospores, coupe optique et vue de la surface.

sis; teleutosporis subglobosis ovoideis vel ellipsoideis, basi rotundatis apice poro pertuso papilla hyalina applanata auctis, $22-28 \times 18-24 \mu$, episporio brunneo, crassiusculo (3μ) minute verruculoso, verruculis sine ordine dispositis; pedicello hyalino evanido.

Hab. in foliis *Rumicis tuberosi*.

II. III. Sur les feuilles de *Rumex tuberosus* L., au bord des ruisselets; sur le mont Argée (Erdjias-Dagh), près du poste de Tékir, 2 000 mètres, 26/9, n° 670.

OBSERVATIONS. — Cet *Uromyces* est voisin de l'*U. Rumicis* dont il se distingue par ses téléutospores couvertes de petites verrues, à papille aplatie et à épisporie plus épais. Il se distingue, d'autre part, de l'*Uromyces Acetosæ* Schröt. par ses urédospores à aiguillons peu denses et les verrues des téléutospores non disposées en lignes ondulées. Il paraît ne posséder que des urédospores et des téléutospores.

Uromyces Limonii (D. C.) Lév., Sacc. Syll. VII, 532, var. **Statices pycnanthæ** R. Maire.

A typo differt teleutosporis rotundatis nec elongatis, 23-39 × 21-26 μ (med. 25-29 × 23-25 μ) soris teleutosporiferis ab uredosporiferis indistinctis.

II. III. Sur les feuilles et les tiges de *Statice pycnantha* C. Koch, dans les marais salés de Kilissé-Hissar (Tyane) au sud de Nigdé, 2/10, n° 789. Cette forme se distingue du type parasite des *Statice Limonium* et *Gmelini* par ses téléutospores rondes comme celles de l'*Uromyces Armeriæ* (Schlecht.) Lév.; elle reste cependant bien distincte de ce dernier par ses téléutospores plus épaisses au sommet, portées sur des pédoncules persistants.

Puccinia Absinthii (D. C.), Sydow Monogr. Ured. I. 11.

II. III. Sur les feuilles et les tiges d'*Artemisia fragrans*, dans les « chotts », entre Indjesou et Develu-Karahissar, Cappadoce, 30/9, n°s 752 et 756 (*Matrix nova*).

Puccinia Taraxaci bithynici R. Maire, nov. sp. (fig. 4).

Soris uredosporiferis amphigenis, maculis pallescentibus insi-

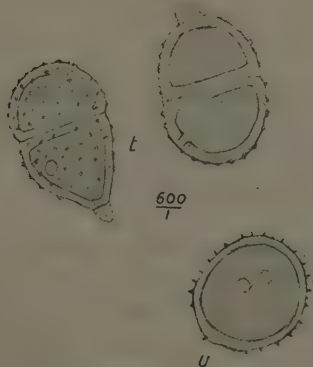


FIG. 4. — *Puccinia Taraxaci bithynici* R. Maire.

t, téléutospores, coupe optique et vue superficielle.
u, urédospore, coupe optique et indication de la position des pores.

dentibus, sparsis, rotundatis vel oblongis, minutis, brunneis, uredosporis globosis vel ovatis, poris 2 æquatorialibus præditis, echi-

nulatis, brunneis, 25-31 $\times$ 21-26 μ ; soris teleutosporiferis conformibus, brunneis, mox in pulverem abeuntibus; teleutosporis ovoideis vel ellipsoideis, apice rotundatis nec incrassatis, medio non vel vix constrictis, basi rotundatis vel attenuatis, episporio tenui (1,2-1,8 μ), brunneo, distincte verruculoso, 31-42 $\times$ 21-26 μ .

Hab. in foliis vivis *Taraxaci bithynici*.

N.B. — Cette Puccinie se distingue du *Pucc. Taraxaci* Plowr. par ses téléutospores très distinctement verruqueuses de teinte foncée, de taille plus considérable et de forme moins allongée. Le *Pucc. Taraxaci* a au contraire des téléutospores très finement ponctuées (comparer la fig. 4 avec la fig. 23 b. de JACKY, *Die Compositen-bewohnenden Puccinien*, thèse Bern., 1899), d'un brun pâle, de forme beaucoup plus irrégulière, mais presque toujours plus allongée. *Pucc. decipiens* Mass. se distingue par ses téléutospores à épispore épais (3 μ) et ses urédospores peu nombreuses dans les sores téléutosporifères. Les pores de la téléutospore sont le plus souvent à peu près à mi-hauteur de chacune des cellules. Il ne paraît pas exister de différenciation en sores urédosporifères primaires et secondaires, comme on le voit fréquemment dans le *Pucc. Taraxaci*.

Sur *Taraxacum Bithynicum*, rochers au sommet de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 446.

Puccinia Hieracii (Schum.) Mart., Syd. Mon. Ured. I, 95.

II. III. Sur les feuilles de *Hieracium crinitum* Sm., dans les forêts de sapins de l'Olympe de Bithynie (Kéchich-Dagh), au-dessus de Brousse, 30/9, n° 527 (*Matrix nova*).

Puccinia Cirsii Lasch. in Rabenh. Fung. Eur., n° 89; Sydow Monogr. Ured. I, 55.

II. III. Sur les feuilles de *Cirsium leucopsis* Griseb., au bord des ruisselets de la région subalpine de l'Olympe de Bithynie (Kéchich-Dagh, au lieu dit Kerkbounar), 30/7 (*Matrix nova*).

OBSERVATIONS. — Cette forme est remarquable par ses téléutospores de grande taille, 27-47 $\times$ 20-27 μ , à verrues très petites; les urédospores sont également plus grandes que dans les formes antérieurement connues du *P. Cirsii*; elles n'ont pas moins de 25-31 $\times$ 24-27 μ .

Puccinia Acroptili Sydow, Monogr. Ured. I, p. 4.

La description de Sydow est à modifier légèrement : les téleospores atteignent jusqu'à 50 μ de longueur, leur pédicelle long et persistant atteint 65 μ et quelquefois plus.

II. III. Sur les feuilles vivantes d'*Acroptilon Picris*, aux environs d'Angora, 13 septembre 1904.

N. B. — Cette espèce est extrêmement voisine de *Puccinia Centaureæ* Mart.; il est bien difficile de l'en distinguer par des caractères morphologiques, et elle devra peut-être lui être réunie si des expériences d'infection ne viennent pas prouver sa spécialisation.

Puccinia Acarnæ Sydow, Monogr. Ured. I, 130.

II. III. Sur les tiges et les feuilles de *Picnomon Acarna*, vallée d'Ak-Keupru, près de Bozanti-Khan, au nord des portes de Cilicie, 3/10, n° 782.

Puccinia Carlinæ Jacky, Sydow, Monogr. I, 35.

II. Sur les feuilles de *Carlina oligocephala* Boiss., vallée de Knourghdonr, près Sivas, n° 1073 (spécimens récoltés par les PP. RODIGAS et GIRARD).

Les urédospores sont bien conformes à celles du *P. Carlinæ* européen et présentent également trois pores.

Puccinia Phæopappi R. Maire, Bull. Soc. Mycol. France, 1905, p. 149 cum icone.

Sur les feuilles et les tiges de *Stæhelia Lobelii* D. C. = *S. apiculata* Labill., dans les montagnes du Taurus de Cilicie : rochers calcaires à Ak-Keupru, au nord des portes de Cilicie, 3/10, n° 734. — Château ruiné de Gulek (sur des exemplaires de l'herbier Boissier récolté par KOTSCHY, en 1836). — Boulghar-Dagh (sur des exemplaires de l'herbier Boissier recueillis par DE HELDREICH, en septembre 1845).

OBSERVATIONS. — La plante nourricière de ce *Puccinia* n'est pas le *Phæopappus Kotschyi* Boiss. (err. *Kotschyani*, Bull. Soc. Mycol. France, loc. cit., p. 149, ligne 6), mais bien le *Stæhelia Lobelii* D. C. Cette erreur, résultat d'une transposition d'étiquettes effectuée involontairement par notre collaborateur M. PETITMENGIN dans son étude des plantes vasculaires recueillies par nous en

Asie Mineure, soulève un problème de nomenclature. Doit-on conserver à la Puccinie le nom de *P. Phæopappi* alors qu'elle ne croît pas sur un *Phæopappus*? On pourrait répondre que, les règles de la nomenclature des cryptogames cellulaires n'ayant pas été encore établies, l'auteur est libre dans ce cas de changer le nom erroné.

Mais ces lois doivent être établies sur les mêmes principes fondamentaux que celles de la nomenclature des plantes vasculaires. Or, une des bases de celle-ci, admise à une écrasante majorité par le Congrès de Vienne de 1905, est le principe « *A name is a name* », c'est-à-dire : un nom est un nom, une sorte de numéro, destiné à désigner une plante sans prétendre à autre chose. On ne peut changer un nom de plante sous prétexte que ce nom évoque un caractère quelconque étranger à cette plante. Le Congrès de Vienne a admis que l'on conserverait des noms tels que *Papaver hybridum*, *Athamanta cretensis*, bien qu'il s'agisse d'un *Papaver* n'ayant rien d'hybride et d'un *Athamanta* qui ne croît pas en Crète. DE HALACSY, appliquant ce principe, nomme *Poa trichopoda* Heldr. et Sart., in Boiss. Diagn. Pl. Orient., un *Poa* du Parnasse qui avait été redécrit postérieurement sous le nom de *P. trichophylla* Heldr. et Sart. in Boiss. Flor. Orient., avec une annotation de HELDREICH et SARTORI, expliquant que la dénomination des Diagnoses provenait d'une coquille typographique. Un auteur ne peut donc ni corriger un nom erroné donné par un autre auteur ni même changer un nom donné par lui-même. Il n'y a donc pas lieu de changer le nom de *Puccinia Phæopappi*, d'autant que l'on trouve déjà chez les Urédinées des noms analogues, tels que *Puccinia Prenanthis* sur *Lactuca muralis*, *Puccinia Athamantæ* sur *Peucedanum cervaria*, etc.

Puccinia Endiviæ Pass., Sydow Monogr. Ured., 49.

Sur les tiges desséchées de *Cichorium divaricatum* Schousb., dans les ruines de Pompeiopolis, près Mersina (Cilicie), 6/10, n° 813.

OBSERVATIONS. — Les téléutospores de cette Puccinie sont complètement lisses, mais ne diffèrent pas autrement de celles de la forme du *Cichorium Endivia* dont elles possèdent le long pédoncule. Or, nous avons montré (Bull. Soc. Mycol. France, 1905, p. 218), que dans ce groupe la verrucosité des téléutospores, par-

fois nulle, presque toujours très faible, peut varier dans des proportions considérables chez une seule et même espèce. Il n'y a pas lieu dans ces conditions de séparer la Puccinie du *Cichorium divaricatum* de celle du *C. Endivia*, d'autant que cette seconde chicorée, qui n'est connue qu'à l'état cultivé, serait issue de la première, si l'on en croit AL. DE CANDOLLE, *Origine des plantes cultivées*, p. 77-78.

Puccinia Menthæ Pers., Fisch. Ured. Schw., 168.

II. III. Sur les feuilles de *Mentha silvestris* var. *Wierzbickiana* Opiz (pro sp.), sous les saules près du village de Tchatalkeuï, Galatie, 16/9, n° 1072. — II. III. Sur les feuilles de *Mentha aquatica*, ruisselets du mont Argée (Erdjias-Dagh), près du poste de Tékir, 26/9, n° 690.

Puccinia Gentianæ (Str.) Link., Sydow Monogr. Ured. I, 340.

II. III. Sur les feuilles de *Gentiana gelida*, dans les prairies alpines des montagnes de l'Arménie russe. Sur des spécimens recueillis par Szovets (*in herb.* BOISSIER *ex herb. Horti Petropolitani*), n° 1153. — II. III. Sur les feuilles de *Gentiana gelida* var. *cyanantha* (*G. calycina* Freyn. *in herb.* Boissier, non Boiss !), sur le Tavehan-Dagh, près Sivas. Sur des spécimens recueillis par le P. GIRARD, n° 1074.

Puccinia Bupleuri-falcati (D. C.) Wint., Sydow Monogr., 364; Lindr. in Act. Soc. Fl. et Faun. Fennica, XXII, p. 131; Fischer, Ured. Schw.

III. Sur les feuilles et les tiges desséchées de *Bupleurum Heldreichii*, dans les champs au-dessus de Kaissérie (Césarée de Capadoce), 23/9, n° 586 (*Matrix nova*). — II. III. Sur *Bupleurum nodiflorum*, moissons près de l'embouchure du Nahr-Saïnik à Saïda, Syrie, 21/4 1853 (BLANCHE), n° 1087.

OBSERVATIONS. — Cette Puccinie appartient au type A de LINDROTH, à téléutospores ayant l'épispore épais et foncé. Nous avons infecté avec les téléutospores en germination de jeunes semis de *Bupleurum Heldreichii*. L'infection s'est produite alors que les semis ne possédaient que deux feuilles : elle s'est immédiatement généralisée et les pieds attaqués ont crû beaucoup plus vite que

les pieds sains. Ils présentaient des entrenœuds très allongés et des feuilles de dimensions réduites, couvertes de spermogonies; ils n'ont malheureusement pas produit d'écidies et sont morts de bonne heure, tandis que les pieds sains fleurissaient et fructifiaient. Bien que cette expérience soit restée incomplète, elle éclaire la biologie du *P. Bupleuri-falcati* croissant sur une espèce annuelle. L'infection des jeunes plantes par les téléutospores produit une infection généralisée, amenant la déformation et la castration de la plante atteinte, qui meurt sans porter de fructifications du parasite autres que des spermogonies et des écidies. Les écidiospores infectent les plantes adultes, mais cette infection reste localisée et donne lieu à la production de sores téléutosporifères çà et là, sans que l'aspect général de la plante soit modifié et sans que cette dernière soit empêchée de produire et de mûrir ses graines.

Dans le *B. falcatum*, espèce vivace, le mycélium de la forme écidienne est pérennant dans les parties souterraines et les pieds infectés développent au printemps des feuilles et des tiges à croissance rapide, à entrenœuds allongés. Toutes les feuilles sont couvertes de spermogonies ou d'écidies; la plante infectée ne fleurit pas et ses parties aériennes meurent de bonne heure. Les écidiospores infectent les plantes adultes du voisinage; celles-ci portent des sores téléutosporifères disséminés, tout en fleurissant et fructifiant abondamment.

Nous avons pu suivre ce développement sur les coteaux calcaires des environs de Nancy et de Toul, où *P. Bupleuri-falcati* parasite abondamment le *B. falcatum*. Ajoutons que les urédospores sont très rares: sur le *B. Heldreichii* nous n'en avons trouvé aucune trace; sur le *B. falcatum*, on en trouve parfois quelques-unes dans les jeunes sores téléutosporifères. Comme le dit très justement FISCHER, *loc. cit.*, cette espèce est une forme de passage entre les *Eupuccinia* et les *Pucciniopsis*.

Puccinia pulverulenta Grev. Fl. Edinb., 482.

P. Epilobii-tetragoni Wint. Pilze, 214, Sydow Monogr. Ured. I, 424. — *Uredo vagans* α *Epilobii-tetragoni* D. C. Fl. Fr. II, p. 228.

II. III. Sur les feuilles d'*Epilobium hirsutum*, à Sivas (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD), n° 1122.

OBSERVATIONS. — Le nom de *P. Epilobii-tetragoni* créé par WINTER et repris par SYDOW n'est pas admissible pour deux raisons :

1° Il est inadmissible qu'un nom de forme imparfaite entièrement provisoire et représentant le plus souvent une conception erronée puisse prétendre à la priorité en concurrence avec le nom donné pour la première fois à la forme parfaite. Or, DE CANDOLLE n'a décrit que la forme imparfaite sous le nom d'*U. vagans* α *Epilobii-tetragoni*;

2° En admettant même que D. C. ait décrit la forme parfaite sous ce nom, il ne l'a considérée que comme variété. Or, d'après les règles de la nomenclature votées par le Congrès de Vienne en 1905, la « Kew rule » est applicable dans le cas où une variété est élevée au rang d'espèce. Le nom de GREVILLE, *P. pulverulenta*, doit donc avoir la priorité : il n'est d'ailleurs pas inconnu, ayant été employé par COOKE, BERKELEY, FLOWRIGHT.

Puccinia Violæ (Schum.) D. C., Sydow Monogr. Ured. I, 439.

II. III. Sur *Viola silvatica*, dans les forêts d'*Abies Nordmanniana* de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 514.

Puccinia Saxifragæ Schlecht. Fl. Berol. II, 134; Sydow Mon. Ured. I, 500.

Sur les feuilles de *Saxifraga sibirica*, zone alpine du mont Argée, 27/9, n° 1076.

Puccinia Asphodeli Moug. in Duby; Sydow Mon. Ured. I, 617.

Cutomyces (Cytomyces) *Asphodeli* Thüm. Contr. Fl. Lusit. 12.

III. Sur les feuilles desséchées d'*Asphodelus microcarpus*, dans les ruines de Pompeiopolis, près Mersina, Cilicie, 6/10, n° 812.

Puccinia Cynodontis Desmaz, Sydow Monogr. Ured. I, 748.

II. III. Sur les feuilles de *Cynodon Dactylon*, près de Nigdé, Lycaonie, 2/10, n° 800.

OBSERVATION. — Sur ces spécimens, nous n'avons rencontré qu'une seule sorte d'urédospores, à 3-4 pores, à épispore épais de 2,6 à 3 μ , brun clair, couvert de petites verrues très denses; nous n'avons pas trouvé les deux formes d'urédospores signalées par MAGNUS sur un exemplaire de Perse. Cf. MAGNUS, in *Zool. Bot. Ges. Wien*. 1899, p. 95.

Le *P. Cynodontis* est très voisin du *P. Cesatii* de l'*Andropogon*

Ischæmum, dont les urédospores possèdent le même épispore densément verruqueux, encore plus épais et plus pâle. Les téléutospores sont aussi assez semblables, mais plus épaissies au sommet dans le *P. Cynodontis*.

Puccinia Cesatii Schröter, Cohn's Beitr. III, p. 70; Syd. Mon. Ured. I, 722.

II. Sur les feuilles d'*Andropogon Ischæmum*, défilé des portes de Cilicie (Gulek-Boghaz), 4/10, n° 1105.

Puccinia graminis Pers. Disp. meth., 39.

I. Sur les feuilles de *Berberis cratægina*, au Melekum-Dagh, au-dessus de Sivas (sur des spécimens récoltés par le P. GIRARD, 2/6 1892), n° 1120 (*Matrix nova*).

Puccinia Lolii Niels., Sydow Monogr. Ured. I, 704.

= *P. coronifera* Kleb.

II. III. Sur *Lolium perenne*, dans la vallée d'Ak-Keupru, au nord des portes de Cilicie, 3/10, n° 737.

Phragmidium violaceum (Schultz) Wint. Pilze, 231, Sacc. Syll. VII, 744.

II. III. Sur *Rubus tomentosus* Borck.; forêts de sapins de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 1036.

Gymnosporangium Sabinæ (Dicks.) Wint.

I. Sur les feuilles de *Pirus elæagrifolia* var. *Kotschyana*, aux portes de Cilicie, près du khân Khaïva-Bele, 4/10, n° 823 et 890.

Melampsora Helioscopiæ (Pers.) Wint.

II. III. Sur les feuilles d'*Euphorbia tinctoria*, à Kaisserie (Césarée de Cappadoce), sur les pentes du mont Argée, 23-27/9, n°s 607, 680, 888.

OBSERVATION. — Les téléutospores de cette forme sont très allongées : $45-75 \times 11-13 \mu$.

Pucciniastrum Epilobii (Pers.) Otth., Fisch. Ured. Schw. 459.

II. Sur les feuilles d'*Epilobium origanifolium* Lamk., le long des ruisselets, près du poste de zaptiés de Tékir, sur la route de Kaisserie à Everek, sur les flancs du mont Argée (Erdjias-Dagh), 2 100 mètres, 26/9, n° 698 (*Matrix nova*).

Entyloma Schinzianum (Magnus) Bubák, in Ann. Mycol. IV, 1906, p. 106. = *Exobasidium Schinzianum* Magnus, Sacc. Syll. XI, 130; F. von Höhnelt in Ann. Mycol. III, 402; R. Maire, Bull. Soc. Mycol. France, 1903.

Sur les feuilles vivantes de *Saxifraga rotundifolia*, au bord d'un ruisseau de la zone subalpine de l'Olympe de Bithynie, 1 800 mètres, 30/8, n° 500.

OBSERVATION. — BUBÁK a trouvé, sur des exemplaires récoltés au Monténégro sur *Saxifraga rotundifolia* et sur d'autres que nous avons récoltés ensemble à Herkulesfürdő, en Hongrie, des chlamydospores en même temps que la forme conidienne. Nos exemplaires de l'Olympe de Bithynie ne portent que la forme conidienne.

Dictyolus membranaceus (Dicks.) R. Maire (comb. nov.).

= *Helvella membranacea* Dicks., fasc. I, p. 21 (1786); Sow. Tab. 348. = *H. retiruga* Bull. Tab. 498, fig. 1 (1791). = *Merulius membranaceus* With., Bot. arr., ed. 3, vol. IV, p. 153. = *Cantharellus retirugus* Fr. Hym. Eur., p. 460. = *Dictyolus retirugus* Quél., Fl. Mycol., 34; var. *marginatus* R. Maire.

Sur les *Hypnum*, dans les tourbières subalpines de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 1151.

Pileo lateraliter vel vix postice fibrillis adfixo, udo fulvo, 1-2 cm.; margine atro-brunneo, lamellis e basi radiantibus, fulvis, reticulatis, basidiis cylindraceo-clavatis, 20-25 × 7-8 μ, 4-sporis; sp. ovoideis, hyalinis, levibus, 1-guttulatis, 8 × 5-6 μ.

Ce champignon correspond bien à la description de QUÉLET, qui donne aussi pour les spores 8 μ de long. Il représente toutefois une forme plus foncée; la marge devient étroitement brun-noir dans les exemplaires adultes, par suite du brunissement de la membrane des hyphes qui la composent.

Le champignon figuré par COOKE, Illustr., Tab. 1112, est une forme plus pâle et à spores plus arrondies et plus grandes (10 × 8-9 μ). *Dictyolus lobatus* Quél. ressemble à notre champignon par sa couleur brune, mais s'en sépare par les lamelles plus développées, rarement anastomosées et seulement au centre, et les spores petites (4 × 2 1/2-3 μ). Cf. PATOUILLARD, Tab. Anal., fig. 13.

Toutefois, KARSTEN, Krit. Œfv. I, 274, donne au *D. lobatus* des spores de 6-9 × 5-6 μ. Il est possible que *D. membranaceus* et *D.*

lobatus ne soient que les variétés extrêmes d'une même espèce. Notre variété *marginatus* serait un type intermédiaire.

Bovista plumbea Pers. Disp. meth., p. 5.

Pâturages sur les flancs du mont Argée (Erdjias-Dagh), vers 2 000 mètres, 25/9.

Bovista nigrescens Pers. Disp. meth., p. 6.

Forma cupricolor (teste LLOYD).

Pâturages de la zone subalpine de l'Olympe de Bithynie, 30/8, n° 1124.

L'HYLÉSINE POLYGRAPHE

ET LES

ÉPICÉAS DE LORRAINE

Par M. E. HENRY

Les épicéas introduits en grand nombre dans les parcs; les plantations et même les forêts de Lorraine sont, depuis quelques années, très éprouvés par les attaques d'un bostriche. Ce n'est point le terrible bostriche typographe qui, à la suite de l'ouragan du 1^{er} février 1902 (1), a pullulé sur les épicéas spontanés des Vosges d'une façon tout à fait anormale, faisant rapidement périr non seulement les tiges endommagées par les chablis ou ébranlées par le vent, mais encore un grand nombre d'arbres parfaitement sains. Grâce aux efforts persévérants des agents forestiers, grâce à l'emploi judicieux d'arbres-pièges, l'invasion du bostriche typographe est en forte décroissance (2).

Si les propriétaires des massifs d'épicéas attaqués aux environs

1. « Cet ouragan a renversé en quelques heures 1 233 283 mètres cubes de résineux dans les forêts domaniales et communales du seul département des Vosges. » Voir « Une Invasion de bostriches dans les Vosges », par DE GAIL (*Revue des eaux et forêts*, 1905) et « L'Ouragan de 1902 dans les Vosges », par le même auteur, même recueil, 1903.

2. « Les bostriches se précipitèrent sur ces arbres où ils trouvaient d'excellentes conditions pour la ponte; sur 840 arbres-pièges, 672 furent successivement criblés d'insectes. Ces arbres étaient surveillés de près et aussitôt qu'on les voyait bien garnis, on les écorçait et on brûlait les écorces.....

« Quoi qu'il en soit, l'emploi des arbres-pièges, fort judicieusement réglé par M. l'inspecteur Ingold et soigneusement effectué par M. l'inspecteur adjoint Ferry et son personnel, a donné les meilleurs résultats..... Le fléau peut être considéré comme maîtrisé » (« Les Insectes dans les forêts résineuses des Vosges en 1905 », par DE GAIL [*Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et Belfort*, t. VIII, juin 1906]).

de Nancy veulent bien suivre l'exemple donné par les forestiers des Vosges, ils arriveront rapidement, eux aussi, à juguler l'invasion du bostriche. S'ils n'agissent pas, il y a fort à craindre que l'insecte, trouvant pâture abondante et nullement entravé dans sa multiplication, ne continue à se jeter sur les épicéas jusqu'à destruction complète des plantations. Il est grandement temps d'agir *énergiquement* et *avec ensemble*. Il faudrait, pour arriver à détruire promptement cet insecte qui, depuis 1902, multiplie ses foyers de pullulation, il faudrait que des agents forestiers pussent pénétrer sur tous les points envahis, faire une reconnaissance minutieuse des arbres bostrichés, prescrire leur abatage, leur écorcement, l'incinération des écorces, veiller à l'installation des arbres-pièges, en un mot prendre les mesures générales et coordonnées qui ont été prescrites par le conservateur des forêts des Vosges dans toutes les forêts résineuses soumises au régime forestier. Cela est malheureusement impossible.

Il n'en est pas moins utile de connaître les mœurs du bostriche qui exerce en ce moment ses ravages aux environs de Nancy et d'indiquer les moyens de le détruire. Si, en les appliquant, on arrive à purger un massif, il peut ne pas être envahi par des essaims venus d'ailleurs.

Hylésine polygraphe

La famille des BOSTRICHES ou XYLOPHAGES fait partie des Coléoptères tétramères⁽¹⁾ et se divise en trois groupes bien caractérisés : les *Tomicines*, les *Hylésinines*, les *Scolytines*⁽²⁾.

Tandis que le bostriche des Vosges appartient à la section des *Tomicines* et mesure 6-7 millimètres, celui qui met à mal les épicéas des environs de Nancy fait partie du groupe des *Hylésinines* et sa taille est trois fois moindre ; il n'a que 2 millimètres à

1. Les Coléoptères tétramères sont ceux qui ont leurs six pattes terminées par des tarses formés de quatre articles.

2. Les *Tomicines* ont le troisième article des tarses cylindrique, tandis que, chez les deux autres groupes, il est cordiforme, bilobé. Quant aux *Hylésinines*, ils se distinguent des *Scolytines* par leurs tibias qui sont dentés au bord externe et par l'abdomen dont la face inférieure est horizontale, prolongeant le plan de la face inférieure du thorax. Chez les *Scolytines*, les tibias sont entiers et l'abdomen est tronqué, se termine en biseau vers la pointe des élytres.

2^{mm},5, mais il compense cette infériorité au point de vue destructif par le nombre. Un épicéa de 40 centimètres de diamètre et de 15 mètres de hauteur abattu le 10 novembre 1905 dans un parc des environs de Nancy (1) et immédiatement écorcé montrait la face interne de l'écorce littéralement farcie de galeries et de larves depuis la cime jusqu'à la souche. On ne voyait du haut en bas que des larves sous forme de petites taches blanches; encore ne les apercevait-on pas toutes, tant s'en fallait, beaucoup étant cachées dans l'épaisseur de l'écorce. Quelques plaques de cette écorce, mises en flacon le 11 novembre 1905, ont donné, fin mai 1906, une abondante éclosion d'insectes parfaits (2). Un mois auparavant, cet arbre ne manifestait aucun signe de dépérissement. Il a suffi de ce court laps de temps pour amener la mort de l'arbre sous l'écorce duquel a pullulé par milliers ce seul insecte.

Les forestiers l'appellent l'hylésine polygraphe.

Mœurs de l'hylésine polygraphe. — Dans son excellente *Flore forestière* (3), notre vénéré maître Mathieu le signale comme étant commun sur l'épicéa et très dangereux. Bien que certains auteurs (4) le donnent comme dominant dans les forêts montagneuses (Harz, Thüringerwald, Vogelsberg) où il monte assez haut, il ne semble exercer actuellement ses ravages dans le nord-est de la France que sur les épicéas plantés dans les plaines et les collines lorraines; il n'est pas signalé sur les épicéas des Vosges où l'on rencontre presque uniquement deux bostriches fréquemment associés, le bostriche typographe, sous l'écorce épaisse des troncs, le bostriche chalcographe, beaucoup plus petit (1^{mm},5-2 millimètres) sous l'écorce mince des branches.

L'hylésine polygraphe (*Polygraphus poligraphus* L.) [1] a 2 millimètres à 2^{mm},5 de long; il est brun noirâtre, à pubescence très caractérisée, avec antennes et pattes jaunâtres. Cette espèce présente deux caractères qui, joints à la taille, la font aisément reconnaître: 1° la massue des antennes est solide, sans aucune

1. Parc de M. Nicklès, à Dommartemont.

2. Ces insectes étaient immatures; leurs élytres étaient molles et rouges; il y avait encore un assez grand nombre de nymphes; l'éclosion des adultes était donc récente.

3. *Flore forestière*, par A. MATHIEU. 3^e édit., 1877, p. 483.

4. Richard Hess, *Der Forstschutz*. Leipzig, 1898. Vol. I, p. 372.

5. L'insecte et ses dégâts sont figurés dans l'*Atlas d'entomologie forestière*, par E. HENRY, 1903. — Imprimerie Berger-Levrault et C^{ie}.

suture ; 2° ses yeux sont séparés en deux par une saillie du front (¹). Les élytres sont couverts de squamules cendrées et munis de fines stries ponctuées avec interstries larges couvertes de fines granulations.

Le genre *Polygraphus* forme le passage entre les Hylésinines et les Tomicines en ce sens que, comme chez ces derniers, le troisième article des tarses est cylindrique et non bilobé. Il essaime en avril ou mai. En octobre et novembre, il est souvent à l'état de larve (²) et il achève son évolution en hiver et au premier printemps.

Dès sa sortie, la femelle cherche une place de ponte convenable. Pour que sa progéniture vienne à bien, il lui faut, comme à tous les bostriches, des arbres affaiblis par une cause quelconque (perches dominées à végétation languissante, tiges brisées ou ébranlées par le vent, arbres attaqués et affaiblis par d'autres insectes ou par des champignons) et c'est pourquoi il est indispensable, si l'on veut se garer de cet insecte ou le détruire : 1° d'enlever dans des éclaircies fréquentes toutes les perches trop serrées, trop dominées, à végétation languissante (moyen préventif) ; 2° d'abattre en hiver les tiges envahies qui se décèlent si nettement par la teinte rousse de leurs aiguilles, par des écoulements de résine et surtout par les nombreux petits trous ronds de 1^{mm},5 de diamètre qui perforent l'écorce, de les écorcer et de brûler les écorces.

Quand la femelle a trouvé une tige d'épicéa à sa convenance (elle choisit généralement des perches de vingt à cinquante ans, de 15 à 30 centimètres de diamètre, dont l'écorce a l'épaisseur moyenne qu'elle recherche), elle creuse dans l'écorce une large chambre d'accouplement ; plusieurs femelles se réunissent souvent pour ce travail. Le mâle vient les féconder. Chaque femelle creuse sa galerie de ponte, si bien que, de la chambre d'accouplement partent deux, trois ou quatre galeries généralement sinueuses, suivant le nombre des femelles. Les œufs pondus le long de cette galerie éclosent et les jeunes larves rongent

1. D'où son nom allemand *doppeldügger Fichten-Bastkäfer*.

2. Le 10 novembre 1905, je n'ai vu à Dommartemont que des larves avec quelques nymphes ; le 22 octobre 1906, à Marbach, il n'y avait que des larves, tandis qu'à la même date, à Vandœuvre, on trouvait sur certains arbres des larves et sous l'écorce d'arbres voisins des insectes parfaits.

aussitôt le liber, creusant dans l'écorce des galeries très irrégulières situées à diverses profondeurs. En un mois environ, plus ou moins vite suivant que la température est favorable ou non⁽¹⁾, les larves ont atteint leur taille et se nymphosent pour donner en juillet-août des insectes parfaits qui se mettent aussitôt à pondre. Tantôt cette seconde génération arrive à l'état d'insecte parfait en octobre et hiverne sous cette forme ; tantôt elle passe l'hiver à l'état de larve ou de nymphe⁽²⁾. Il y a donc d'ordinaire deux générations par an.

Dégâts. — Les peuplements d'épicéa les plus exposés sont les perchis serrés, qui n'ont pas été éclaircis à temps ; ce sont les tiges de 15 à 30 centimètres de diamètre qui servent surtout de pâture à l'insecte. Quand les hylésines polygraphes de la deuxième génération, essaimant en juillet-août, se jettent en masse sur une perche qui leur convient, on voit bientôt sous l'écorce de toutes les parties du fût des centaines de larves.

Toute la zone cambiale, tout le liber sont vite rongés ; l'arbre est comme décortiqué ; les feuilles séchent et meurent en quinze jours.

L'hylésine polygraphe pullule depuis quelques années aux environs de Nancy et a déjà fait périr un grand nombre d'épicéas⁽³⁾.

C'est vers 1901 qu'il semble avoir commis les premiers dégâts relatifs à l'invasion actuelle⁽⁴⁾ ; depuis 1901, il s'est largement

1. « Par les temps chauds, dans une atmosphère bien ensoleillée, le travail des larves devient extrêmement actif ; dans ces dernières conditions, on peut, en mettant son oreille contre le tronc, percevoir un bruissement produit par les milliers de petites mandibules en activité » (DE GAIL).

2. En octobre et novembre 1905 et 1906, les insectes trouvés sous les écorces étaient soit des larves adultes, soit des nymphes, soit des insectes parfaits.

3. Sur tous les points où nous avons constaté, M. Cuif et moi, la mort d'épicéas, soit aux environs de Nancy, soit près de Metz, de Mirecourt, de Jussey, nous n'avons jamais rencontré sous l'écorce que l'hylésine polygraphe, lequel n'a pas été signalé sur les épicéas des Vosges lors de la formidable invasion qui vient seulement de prendre fin.

4. L'un des premiers foyers a été le parc de Brabois où j'ai observé les dégâts du *Polygraphus* en août 1903 ; mais M. P. de Brabois dit qu'on peut faire remonter avec certitude l'apparition du bostriche à l'année 1901 au moins. Depuis, M. Cuif ou moi, nous l'avons constaté à Houdemont, à Vandœuvre, à Marbach, dans la forêt de Haye, à la Malgrange, près de Metz (à Conflans), à Mirecourt, etc., et il existe sûrement sur beaucoup d'autres points.

M. Barbey, de Nancy, m'a apporté le 29 novembre 1906 des écorces d'épicéa provenant de sa propriété de Corre (à 14 kilomètres de Jussey, Haute-Saône), également farcies des galeries de l'hylésine polygraphe.

répandu et de toutes parts nous arrivent des plaintes sur la mort progressive des épicéas; de toutes parts on demande quels moyens il faut employer pour enrayer le mal et sauver ce qui reste des plantations.

Moyens préventifs et destructifs contre l'hylésine polygraphe

Moyens préventifs. — Les moyens préventifs, ceux qui ont pour but de mettre obstacle à la ponte de l'insecte et à sa pullulation, sont bien simples à employer et absolument efficaces.

Ils consistent dans l'application des règles formulées dans tous les traités de sylviculture et sont fondés sur la connaissance exacte des mœurs de l'insecte.

Puisqu'il ne s'installe guère que sur les perches d'épicéa de 15 à 30 centimètres⁽¹⁾ de diamètre qui sont dépérissantes ou en état de végétation languissante, il n'y a qu'à ne pas en souffrir de telles dans ses propriétés; pour cela, il faut que les particuliers imitent les forestiers de l'État et pratiquent de larges éclaircies dans les massifs dès qu'ils deviennent trop serrés; il faut enlever non seulement les tiges qui viennent de mourir ou qui vont mourir, mais toutes celles qui sont dominées par les perches voisines et dont la cime n'a pas un espacement suffisant. M. Cuif, inspecteur adjoint des forêts, attaché à la station de recherches de l'École forestière, a constaté, comme moi, que, presque toujours, l'invasion avait commencé dans l'intérieur des bouquets trop serrés d'épicéas, sur les tiges malingres, dépérissantes du centre étouffées par les arbres vigoureux de la périphérie, à cime ample et bien fournie, qui, eux, restaient indemnes.

On peut être sûr, ou à peu près, que si l'on prend cette précaution, si l'on pratique de temps en temps de larges éclaircies, si l'on s'arrange, en d'autres termes, pour maintenir ses arbres en excellent état de végétation, on n'aura rien à craindre, non seulement de l'hylésine polygraphe, mais de tous les autres bostriches.

Malheureusement, soit par incurie, soit par ignorance, soit par difficulté de trouver des ouvriers, ces éclaircies et dégagements

1. Le bostriche typographe, trois fois plus gros, attaque de préférence au contraire, comme il est à prévoir, les arbres de fort diamètre, à écorce épaisse, dans laquelle il peut creuser à son aise ses larges galeries.

si utiles n'ont été pratiqués dans aucune des propriétés où nous avons été appelés, M. Cuif et moi, pour donner notre avis sur les causes des dégâts et les remèdes à employer.

Moyens destructifs. — Ils se déduisent aisément des mœurs de l'insecte. Puisque la reproduction ne se fait guère avant le mois d'avril, il faut profiter de l'hiver, saison morte où l'on peut se procurer plus aisément des ouvriers, pour faire abattre toutes les perches envahies, reconnaissables aux caractères déjà indiqués (teinte rousse des aiguilles, écoulements de résine, et surtout petits trous ronds de 1^{mm},5 qu'avec un peu d'attention on distingue facilement).

Mais, et nous ne saurions trop insister sur ce point, l'abatage ne suffit pas. Si on laisse les perches gisantes sur le sol jusqu'en mai, l'insecte se développera aussi bien que dans l'arbre sur pied, essaimera dans le mois d'avril et ira infester les perches les moins vigoureuses du voisinage.

Il ne servirait à rien d'abattre si l'on n'écorce pas et si l'on ne brûle pas les écorces de suite pour détruire les larves, nymphes et insectes parfaits qui y foisonnent.

De cette façon seulement on sera sûr d'avoir anéanti toute la malfaisante lignée.

D'aventure quelques arbres auront pu échapper même à une investigation minutieuse. Pour attirer les couples en quête de places de ponte on laissera à dessein quelques perches dépérissantes, que l'on sciera même à moitié par la base et qui serviront d'arbres-pièges. Les insectes oubliés viendront en foule leur confier leur ponte et il sera facile alors d'anéantir les derniers représentants de l'espèce. C'est grâce à cet emploi des arbres-pièges, très judicieusement réglé par M. Ingold, inspecteur des forêts à Fraize, que les forestiers des Vosges viennent de mettre fin à la terrible invasion de bostriches qui faisait périr en masse les épicéas de cette région.

L'installation d'arbres-pièges dans les différents points où l'insecte est signalé est d'autant plus urgente que, ainsi que nous le disions plus haut, les propriétaires voisins peuvent ne pas prendre les mêmes mesures, si faciles pourtant et si efficaces, et qu'il faut prévoir l'arrivée d'essaims venus d'ailleurs.

Il est bien certain que l'invasion actuelle n'a eu tout d'abord

que quelques foyers, peut-être un seul, et qu'elle s'est propagée parce que l'insecte a trouvé dans les peuplements avoisinants des conditions favorables à son installation et à sa multiplication.

Pour prévenir le retour de dégâts analogues, je recommande aux propriétaires non pas certes de renoncer complètement à l'épicéa, essence si utile et si facile à installer, mais de remplacer par d'autres résineux, sapin, mélèze, pins, résineux exotiques, ceux de ces épicéas qui, en tombant dans les éclaircies ou dans les abatages d'arbres morts, vont former quelques vides.

Il est vrai que l'Phylésine polygraphe se rencontre aussi parfois sur le mélèze, sur le pin sylvestre, le pin Weymouth, mais jamais il n'y pullule comme sur l'épicéa qui est son arbre de prédilection.

LA

FORÊT ACCUMULATRICE D'AZOTE

Par M. E. HENRY

La substance vivante des cellules végétales ou animales, le *protoplasma*, renferme toujours de l'azote. L'animal ou le végétal ne peuvent vivre et se développer sans azote. C'est uniquement dans les matières azotées végétales que l'homme et les animaux puisent l'azote qui forme les 16/100 de leurs tissus : ils sont, sous ce rapport, dans la dépendance absolue des plantes.

D'où vient l'azote des plantes ?

Les 4/5 de la masse atmosphérique sont formés d'azote élémentaire ; il y a là un réservoir inépuisable en ce principe si essentiel au maintien de la vie sur le globe. Malheureusement, l'alimentation directe des végétaux par l'azote élémentaire de l'air n'a lieu que *dans certains cas, en faible quantité*, et, quand elle a lieu, ce n'est que par l'intermédiaire du sol renfermant des microorganismes capables de fixer l'azote de l'air et de le transformer en matière azotée assimilable⁽¹⁾ absorbée par les racines.

La nutrition azotée des végétaux doit donc être réalisée soit par l'azote combiné (ammoniaque, acide nitrique) qui se forme en quantités infinitésimales sous l'influence des effluves élec-

1. Telle était du moins l'opinion unanimement admise jusqu'ici. Mais M. Jamieson, directeur de la Station de recherches agricoles d'Aberdeen (Écosse), vient de publier un travail dans lequel il espère avoir démontré qu'il « existe dans toutes les plantes qu'il a étudiées — appartenant à dix-sept familles — des organes (généralement des poils segmentés) qui absorbent l'azote libre de l'air et le transforment en albumine ». Voir la traduction de son mémoire dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 3^e série, 1906, t. I, p. 61-132, paru en septembre 1906. Cette théorie nouvelle est peut-être exacte ; mais les faits sur lesquels elle s'appuie ne semblent pas être encore suffisamment probants.

triques par la combinaison de l'azote avec l'hydrogène ou avec l'oxygène de la vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère, soit surtout par les diverses matières azotées que les racines trouvent dans la terre, mais qui toutes proviennent originairement de l'air.

Elles existent d'ailleurs toujours en très faible proportion, même dans les sols riches, et, si l'agriculteur ne rapportait de temps en temps, sous forme de fumier ou d'engrais chimique, l'azote enlevé par les récoltes ou entraîné à l'état de nitrate dans les eaux d'infiltration ⁽¹⁾, *il verrait bientôt diminuer les rendements de ses terres, qui, à la longue, deviendraient stériles.*

Le taux de l'azote du sol est d'une telle importance que certains agronomes, Lawes notamment, ont caractérisé la fertilité par la richesse en azote ⁽²⁾.

I — Enrichissement en azote par les engrais

« Tant que la culture est demeurée extensive, les quantités de matériaux azotés qu'apportait au sol le fumier dont le cultivateur disposait ont pu suffire à la production de récoltes, d'ailleurs médiocres ; mais, lorsqu'il s'est agi d'obtenir des rendements plus élevés en pratiquant la culture intensive, on a vite reconnu l'insuffisance du fumier et la nécessité de fumures azotées d'une autre origine.

1. « La nitrification est un phénomène tout à fait indépendant de la végétation. Si les circonstances d'humidité, d'aération, de température sont favorables, les nitrates se forment en abondance ; si la terre est emblavée, les plantes profitent de cette formation, la récolte est luxuriante ; si la terre est découverte, les nitrates sont produits en pure perte, ils sont entraînés et perdus ; et comme c'est à l'arrière-saison que les nitrates se forment en plus grande quantité dans les terres échauffées par le soleil d'été, c'est à l'automne qu'il faut que les terres soient couvertes de végétaux ; de là, l'utilité des cultures dérobées » (*Ann. agronom.*, XXI, p. 536).

L'exportation des nitrates par les rivières est considérable. En temps ordinaire et par an :

La Durance exporte 14 000 tonnes métriques d'azote assimilable (Hervé-Mangon) ;

Le Var — 23 000 — — (Hervé-Mangon) ;

La Seine — 12 000 — — (Boussingault).

En temps d'inondations, la charge nitrique des eaux de la Seine peut atteindre 20 000 tonnes (Belgrand et Lemoine). Ces trois grands collecteurs drainent donc annuellement près de 50 000 tonnes métriques d'azote, d'une valeur approximative de 75 millions de francs.

En 1903, l'excédent de nos importations sur nos exportations en engrais azotés de toute nature a été de 105 000 tonnes, d'une valeur de 43 millions de francs (tableau général des douanes) [*La Végétation spontanée, la fertilité et la salubrité des eaux du sol*, par L. A. FABRE, inspecteur des forêts. Dijon, 1906, p. 22].

2. Il faut évidemment que l'azote puisse être utilisé par les récoltes. Les sols tourbeux renferment jusqu'à 20 %₀₀ d'azote ; mais, faute de calcaire, faute de nitrification, la végétation n'en retire aucun profit.

« Deux sources principales d'engrais azotés ont été jusqu'ici offertes à l'agriculture : le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque. » La production de ce dernier engrais est subordonnée à la combustion de la houille; elle ne peut donc dépasser certaines limites.

La plus grande partie de l'azote qu'il est indispensable d'incorporer aux sols des pays à culture intensive pour obtenir les forts rendements nécessaires à l'alimentation de la population sans cesse croissante du globe, en céréales par exemple, est fournie par le nitrate de soude.

« Découvert en 1820, le nitrate du Chili a fait sa première apparition en Europe en 1830. Presque nulle, en agriculture, jusqu'en 1860, la consommation du nitrate a été en croissant rapidement jusqu'aujourd'hui où l'exportation chilienne atteint 1 500 000 tonnes par an, dont $\frac{4}{5}$ vont à l'agriculture. »

Mais ces nitrères s'épuisent vite. Dans vingt-cinq ans, disent les statisticiens, on extraira la dernière tonne de nitrate et la production agricole souffrira de la pénurie d'engrais azoté.

Depuis longtemps cette question préoccupe les agronomes et les économistes.

Déjà, en 1874, le comte de Douhet avait présenté à l'Assemblée nationale une proposition de loi ayant pour objet « la création d'un grand prix d'un million à décerner à l'inventeur d'un ou de plusieurs produits chimiques fabriqués directement et économiquement de toutes pièces avec l'azote de l'atmosphère, à l'effet de servir de base inépuisable à des engrais puissants en dehors des matières animalisées, mais ne pouvant être admis au concours que s'ils réalisent pour l'agriculture une bonification de 10 % au moins sur les engrais analogues du commerce ».

Le problème à résoudre était très nettement posé, et les conditions à remplir, qui sont en même temps les desiderata de l'agriculture, étaient stipulées avec précision.

Si ce projet avait été adopté par l'Assemblée nationale, le prix serait bien près d'être décerné aujourd'hui. Le succès vient enfin de couronner les efforts des nombreux savants qui, depuis une dizaine d'années surtout, poursuivent passionnément la solution de cette question d'une importance si capitale. Et, comme il arrive quelquefois, cette solution a été trouvée en même temps, par deux procédés différents, en Allemagne et en Norvège.

« En 1903, le professeur Frank, de Berlin, en collaboration avec M. Caro, a réalisé la fabrication industrielle d'un composé que les chimistes appellent *cyanamide de calcium* et qu'on désigne dans le commerce sous le nom de *chaux-azote*. C'est une matière brune pulvérulente, qui contient 20 à 21 % d'azote et qui se prépare de la manière suivante : Fusion, dans un four électrique, d'un mélange de chaux et de charbon. Insufflation, dans ce mélange, d'azote extrait de l'air par le procédé classique des laboratoires consistant à faire passer de l'air dans un récipient contenant du cuivre métallique incandescent qui enlève l'oxygène. On refoule l'azote dans le four à carbure et on obtient un mélange de cyanamide de calcium et de charbon qui a la richesse du sulfate d'ammoniaque et produit à peu près le même effet sur la végétation.

« En cette même année 1903, deux savants norvégiens, dont les noms sont connus aujourd'hui dans le monde entier, le professeur Birkeland et l'ingénieur Eyde, ont résolu un problème de premier ordre au triple point de vue scientifique, industriel, agricole ; ils sont arrivés à combiner directement par voie électrique les éléments de l'air pour obtenir l'acide nitrique et produire le nitrate de chaux, aliment azoté par excellence des végétaux. »

Dans un four électrique spécial très puissant, l'air destiné à alimenter la flamme pénètre par les parois latérales, en terre réfractaire, de la chambre à flamme. Les gaz nitrés s'échappent par un canal périphérique ; ils renferment à 3 000 5 % d'oxyde d'azote ; en refroidissant brusquement ce mélange gazeux, ce taux de 5 % se maintient. L'oxydation se poursuit dans des appareils spéciaux dits *tours d'oxydation* ; l'oxyde d'azote se transforme en acide nitreux et en acide nitrique qui sont recueillis sur un lait de chaux et donnent naissance à un mélange de nitrite et de nitrate de chaux.

« Depuis le mois de mai 1905, la production d'acide nitrique par la combinaison des éléments de l'air, la récolte de cet acide et sa transformation en nitrate de chaux sont devenues industrielles à l'usine de Notodden, qui fabrique déjà par an 730 000 kilogr. d'acide nitrique monohydraté⁽¹⁾. »

1. Les passages mis entre guillemets sont extraits de la belle conférence (*La Production électrique de l'acide nitrique avec les éléments de l'air*, par L. GRANDEAU, professeur au Conservatoire national des arts et métiers. Berger-Levrault et C^e, Paris, 5, rue des Beaux-Arts), faite à Paris le 16 mars 1906, par M. GRANDEAU, l'éminent profes-

II — Enrichissement en azote par les cultures

La digression précédente, au sujet de ces récentes découvertes, avait surtout pour but de montrer l'importance générale de la question et l'intérêt considérable qu'il y a pour toute exploitation, forestière ou agricole, à augmenter son capital azoté, point de départ obligé de l'augmentation des récoltes.

A l'aide d'engrais chimiques *coûteux*, on peut porter *rapidement* une terre à son maximum de teneur utile en azote.

Mais il existe d'autres moyens d'enrichir le sol en azote. Il n'y a qu'à y installer certaines cultures qui, tout en donnant d'abondantes et précieuses récoltes, laissent dans la terre un excédent d'azote. C'est un procédé *lent*, mais qui, en revanche, *ne coûte rien*.

Au premier rang de ces cultures, dites *améliorantes*, figurent les légumineuses (prairies artificielles, trèfle, luzerne, sainfoin, lupin, serradelle, vesce, etc.) qui, grâce aux bacilles de leurs tubercules radicaux, peuvent fixer l'azote de l'air en quantité notable et le transformer en matières albuminoïdes assimilables. En cinq ans, à Grignon, dans une terre cultivée en sainfoin, le taux d'azote a passé de 1,47 à 1,70 par kilogramme.

Les prairies de graminées jouissent de la même propriété, quoique à un moindre degré⁽¹⁾.

Que doit-on penser de la forêt à cet égard ?

« Dans la forêt, dit-on⁽²⁾, où les arbres fixent chaque année, dans leurs tissus ligneux, par hectare, une vingtaine de kilogrammes d'azote exportés lors des coupes, *la teneur azotée du sol*, parfois très grande, *se maintient*. »

D'autre part, on lit dans le *Traité de chimie agricole*, par DEHÉRAIN⁽³⁾ :

seur du Conservatoire des arts et métiers, et à laquelle devront se reporter ceux qui voudront connaître l'histoire de cette découverte, les détails et les perfectionnements de la fabrication et les installations successives de Birkeland et Eyde; la dernière est celle de Notodden, qui emploie une force motrice de 2 500 chevaux.

1. « On sait quelle richesse azotée caractérise certains prés de montagne qui ne reçoivent jamais de fumures et exportent régulièrement de l'azote par la nourriture des troupeaux. Les enrichissements des prairies du Far West américain sont généralement riches en azote et en renferment jusqu'à 3 et 4 grammes par kilogramme de terre » (SABATIER).

2. *Leçons élémentaires de chimie agricole*, par SABATIER. Paris, Masson et C^{ie}, 1903, p. 109.

3. Paris, Masson et C^{ie}, 1902, p. 469.

« Bien que la matière organique du sol n'exerce pas immédiatement une influence marquée sur la végétation, *elle maintient cependant indéfiniment la vie des herbes de la prairie ou des arbres de la forêt.* »

Nous nous proposons de montrer que la teneur azotée du sol forestier fait mieux que se maintenir; *elle s'augmente très notablement par l'action de la végétation forestière, par la formation incessante d'humus.*

En certains cas, il est possible de mesurer exactement l'enrichissement en azote provoqué dans le sol par la végétation ligneuse. Voici quelques exemples :

1° *Forêt domaniale d'Hourtin (Gironde)* recouvrant les dunes qui séparent de la mer l'étang d'Hourtin et Carcans.

Vers 1850, au moment où furent semées sur la dune de Gréchas (division IX de la 2^e série de la forêt domaniale) les graines de pin maritime qui forment aujourd'hui un beau perchis bien venant, de cinquante-six à cinquante-sept ans, la dune était constituée par du sable pur incessamment apporté par la mer, les apports sableux étant particulièrement abondants sur les côtes d'Hourtin et de Carcans (¹).

Ce sol de sable pur et mouvant, sans trace de végétation, ce jouet des vents, ne contenait certes pas d'azote organique et ne pouvait accuser que des traces de matières azotées apportées par les pluies ; ce sable, dépourvu de tout pouvoir absorbant, est aussi peu apte que possible à retenir ces matières, qu'elles soient sous forme d'ammoniaque ou de nitrate. Nous nous plaçons donc, à dessein, dans les conditions les plus défavorables à tous égards. Voyons ce que la végétation forestière en a fait au bout d'un demi-siècle.

On a d'abord soigneusement ratissé et laissé de côté la couverture morte formée par les aiguilles de pin maritime et par la couche de mousse non adhérente. « Cette couche enlevée, écrit M. Malepeyre, inspecteur des forêts à Bordeaux, à l'obligeance duquel nous devons l'envoi du sol et les renseignements qui le concernent, j'ai fait prendre à la bêche demi-circulaire un tronc de cône de sable de 14 à 15 centimètres de profondeur. Rien n'a été

1. « Cette transformation, cette régularisation de la dune littorale s'imposait sur les côtes du Flaman, d'Hourtin et de Carcans, parce que les apports sableux n'ont pas cessé d'être abondants dans ces parages » (*Étude sur la côte et les dunes du Médoc*, par Pierre BUFFAULT, 1897, p. 155).

ôté, rien n'a été ajouté. Au point de prélèvement du sable⁽¹⁾, le peuplement est un vieux perchis de pin bien venant, âgé de cinquante-six à cinquante-sept ans, de densité moyenne; les perches ont de 80 centimètres à 1^m,30 de tour : c'est une belle partie de la forêt. Malgré ces conditions très favorables, la couche de sable colorée par les détritits n'avait pas 2 centimètres.

Ce sol, soigneusement examiné au laboratoire, est uniquement formé par le sable ordinaire des dunes de Gascogne, mélangé à de la matière organique sous forme, soit d'humus amorphe, soit d'une couche mince enrobant chaque grain et se décelant à la calcination. Il y avait aussi des racines plus ou moins décomposées; mais les grains de sable étaient parfaitement isolés, non tissés, non réunis par du mycélium comme ceux des cases de végétation dont nous allons parler.

Tout le sol envoyé a été desséché à 115°, pesé, puis calciné et pesé à nouveau. Il est pauvre en humus, puisque nous n'avons trouvé que 1,33 % de matière organique comme taux moyen de cette couche de 14 à 15 centimètres⁽²⁾.

En supposant que l'hectare ait partout la même composition que le cylindre analysé, dont la surface était de 227 centimètres carrés, on voit que l'humus accumulé en cinquante-six ans par la forêt de pin maritime, dans ce sol où il n'y avait auparavant que des traces de matière organique, s'élève au chiffre déjà considérable de **17 972 kilogr.** par hectare⁽³⁾.

Il y a dans cet humus 1,5 % d'azote, d'où il résulte que la quantité de ce principe due à l'accumulation lente et continue par la végétation forestière, en un demi-siècle, dépasse **270 kilogr.** par hectare, soit **5 kilogr.** par an, en dehors, nous le répétons, de l'azote de la couverture morte qui n'est pas en cause ici. C'est bien peu, il est vrai⁽⁴⁾, à côté des **2 500 kilogr.** d'azote que renferme par hectare, dans cette même couche de 15 centi-

1. A 150 mètres environ du garde-feu de Gréchas, séparant les divisions VIII et IX.

2. Tuxen a trouvé en Danemark 1,120 % à 3,040 % dans du sable argileux avec forêt de hêtres et 3,080 % dans une forêt de chêne sur sol sablonneux. Schütze, dans une pineraie en diluvium sableux, près d'Eberswalde, a trouvé des chiffres variant de 0,555 % à 1,825 %.

3. Puisque sur 227 centimètres carrés il y a 40^g,8 de matière organique.

4. Ces 5 kilogr. représentent à peine ce qu'apportent ailleurs, dans de meilleures conditions de sol, les précipitations atmosphériques sous forme d'ammoniaque, mais il ne faut pas oublier que l'on n'a envisagé qu'une zone de 15 centimètres et encore constituée par un sol aussi peu propice que possible.

mètres, la parcelle B¹ de la forêt domaniale de Champenoux (près Nancy, argiles du lias); mais enfin c'est déjà un taux d'une certaine importance ⁽¹⁾.

2° *Sable pur des cases de végétation du jardin de l'Ecole forestière.* — En 1896, la case I a été remplie de sable siliceux, fin, blanc, très pur ⁽²⁾. Cette case, de 9 mètres carrés de superficie et de 1^m,20 de profondeur, a été garnie, dès l'année 1897, par des pins maritimes et des pins laricios qui ont neuf ans.

En mai 1906, après avoir soigneusement débarrassé le sol de toute la couverture morte, j'ai enlevé un rectangle de 2 décimètres carrés et de 4 centimètres d'épaisseur, pour déterminer la quantité d'humus et d'azote accumulée par les pins pendant ces neuf dernières années.

Ce sable, noirci par la matière organique sur les 2 premiers centimètres, est parcouru par de très nombreux filaments mycéliens bruns, résistants, de diamètre varié, à parois épaisses, ressemblant aux *cladosporium*. Les grains de sable sont comme tissés par ces filaments, si bien que sable et mycélium forment un feutre continu qu'on peut soulever d'une pièce. En outre, il y a une certaine proportion d'aiguilles mortes, à demi décomposées, qui ont pénétré dans le sable et quelque peu de racines; mais la majeure partie de la matière organique semble formée, en surface du moins, sinon en poids, par le mycélium brun, résistant.

Comme dans le cas précédent, le sol a été desséché, pesé, puis incinéré et pesé une dernière fois.

La matière organique accumulée en neuf ans (en dehors de la couverture morte qui a été rejetée), c'est-à-dire la matière incorporée au sol sous forme d'humus, de débris de racines et d'aiguilles, de filaments mycéliens, s'élèverait à 6 000 kilogr. par hectare. Comme il y a 1,2 % d'azote dans l'humus, les 4 premiers centimètres du sable primitivement pur de la case I ont accumulé, en neuf ans, 72 kilogr. d'azote par hectare, soit 8 kilogr. par an.

1. Sans attacher à ces calculs, toujours très aléatoires, plus de valeur qu'il ne convient, remarquons qu'il faudrait cinq cents ans pour que ces forêts nouvelles des dunes de Gascoigne fussent aussi riches en azote que les anciennes forêts, telles que celle de Champenoux, en admettant que le gain d'azote (5 kilogr. par an) restât constant; mais il est probable qu'il ira en augmentant, le sol devenant de plus en plus apte à la fixation de l'ammoniaque et à l'action microbienne.

2. C'est le sable qui est utilisé pour la fabrication du verre à la verrerie de MM. Daum, maîtres verriers à Nancy.

Ces deux exemples montrent nettement que la forêt est une *culture améliorante* au point de vue de l'azote comme au point de vue des principes minéraux et de l'humus. Elle mérite d'être, sous le premier rapport, rapprochée des légumineuses. Elle est, comme ces dernières, une *accumulatrice d'azote*.

Cet enrichissement s'élève, pour une couche de 15 centimètres et pour le sol le plus mal doué comme pouvoir absorbant et fixation microbienne, à 5 kilogr. par hectare et par an; *ce chiffre est sûrement un minimum*. C'est, croyons-nous, la première fois que l'on cherche à préciser la puissance d'accumulation de l'azote par la végétation forestière, puissance évidemment très variable suivant une foule de circonstances (fertilité du sol, composition du peuplement principal et du tapis végétal, mode d'exploitation, climat, abondance des microorganismes, etc.).

L'épargne d'azote est à ses débuts dans les forêts de nouvelle création installées, comme celle des dunes, sur un sol complètement dépourvu de cet élément; elle progressera peu à peu. Examinons à quel taux peut monter le capital azoté dans des forêts d'ancienne origine, en sol fertile, telle que la forêt domaniale de Champenoux (près de Nancy), située sur les argiles du lias et peuplée surtout de chênes.

L'analyse du sol de la parcelle B³ donne en azote total pour 1 000 de terre fine dans la couche de :

0 à 10 centimètres	1,716 ‰ d'azote
10 à 20 —	1,450 —
40 à 50 —	0,608 —
70 à 80 —	0,462 —

Le taux d'azote — et, par suite, d'humus — diminue, comme toujours, à mesure qu'on s'éloigne de la surface, et cette diminution progressive indique déjà que c'est à la surface, dans la couverture morte, que réside la source qui entretient — ou qui augmente — le taux initial.

Il est facile de calculer, à l'aide des chiffres précédents et du poids du litre de terre fine, la quantité d'azote d'une couche de 80 centimètres, profondeur que ne dépasse pas l'enracinement, même des chênes. La terre fine, qui forme à très peu près tout le sol, pèse, desséchée à l'air, par litre, 1 005 grammes, soit, en chiffres ronds, 1 kilogramme.

Dans la couche de 0 à 10 centimètres, il y a 1 716 kilogr. d'azote.

—	10 à 30	—	2 900	—
—	30 à 60	—	1 824	—
—	60 à 80	—	924	—
			7 364	—

Ces 7 364 kilogr. d'azote organique, répartis dans une couche de 80 centimètres, forment une provision qui, passant peu à peu à l'état assimilable, fournira à la végétation forestière l'azote qui lui est nécessaire, tout en s'augmentant chaque année.

Ce chiffre se rapproche beaucoup de ceux que donnent les champs cultivés et fumés⁽¹⁾.

Voilà donc encore un des nombreux services indirects rendus par la *grande bienfaitrice*. Par le simple jeu des forces de la nature, un mauvais sol qu'on reboise acquiert plus de profondeur, plus de perméabilité, plus de matières minérales assimilables, plus d'humus et d'azote ; il s'améliore et s'enrichit enfin au point de pouvoir souvent être livré à l'agriculture au bout d'un siècle ou deux ; mais, dans les circonstances économiques actuelles, il sera presque toujours plus profitable d'y cultiver des arbres.

III — Causes de l'enrichissement en azote des sols forestiers

Dans un article publié en 1897⁽²⁾, j'ai montré quelles étaient les causes de gains et de pertes en azote qui se rencontraient dans les sols forestiers ; j'ai essayé d'évaluer ces pertes et ces gains et d'établir leur balance. Je ne reviendrai pas sur ce sujet.

Il est admis par tous que, si on laisse au sol sa couverture morte et vivante génératrice de l'humus, comme il ne s'y forme pas de nitrates solubles dans les eaux d'infiltration et que tout l'azote combiné est retenu dans le sol, celui-ci ne peut s'appau-

1. M. Dehérain a trouvé les nombres suivants de kilogrammes d'azote à l'hectare :

Cultures	Prise des échantillons	Fumé en 1875-1876-1877 avec du fumier et après sans fumure	Non fumé
Luzerne, 1870-1875	1875	7 854 kilogr.	7 854 kilogr.
Betteraves, 1871-1877	1879	5 775 —	5 621 —
Mais-fourrage, 1878		—	—
Sainfoin, 1879-1881	1881	6 352 —	5 775 —
Sainfoin, 1882-1883	1885	6 814 —	6 352 —
Gazon, 1883-1884		—	—

2. « L'Azote et la végétation forestière » (*Revue des eaux et forêts*, 1897, p. 641-659, et *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 1897, t. II, p. 359).

vrir en azote que par l'exportation de l'azote contenu dans le bois enlevé lors des exploitations. Dans le traitement en futaie, cette exportation peut être évaluée à une dizaine de kilogrammes (¹).

Quant aux causes de gain, le sol forestier peut s'enrichir en azote :

1° Par l'apport aux plantes ou au sol d'azote combiné venant de l'atmosphère ou des eaux météoriques ;

2° Par les matières azotées qui retournent chaque année au sol sous forme de détritux animaux et végétaux ;

3° Enfin, par la portion de l'azote gazeux qui pourrait être fixée, soit par les plantes vivantes, soit par les matières organiques mortes, soit par les éléments minéraux du sol.

On ne voit pas d'autres causes possibles d'augmentation dans le taux de l'azote combiné.

En évaluant, dit M. Müntz, de 5 à 6 kilogr. la somme de l'azote apportée à la végétation d'un hectare, tant par l'absorption directe de l'ammoniaque gazeuse que par l'apport des eaux météoriques, j'estime qu'on ne saurait beaucoup s'éloigner de la vérité.

Cet apport est tout à fait insuffisant pour combler le déficit produit dans le capital azoté primitif par l'exportation des 10 à 20 kilogr. d'azote du bois des coupes et par le retour à l'état d'azote gazeux d'une portion de l'azote combiné de la couverture. S'il n'y avait que cette cause réparatrice, les forêts iraient constamment en s'appauvrissant en azote, et nous venons de voir qu'elles doivent être considérées au contraire comme des accumulatrices d'azote.

La deuxième cause de gain, énoncée ci-dessus, consiste dans les matières azotées qui retournent chaque année au sol sous forme de détritux végétaux (feuilles mortes, rameaux, écorces, fruits, etc.), que les forestiers appellent *couverture morte*. Mais ce n'est pas là une cause d'enrichissement, puisque les principes azotés de la couverture provenaient déjà du sol ; ils ne font qu'y retourner ; c'est une simple restitution, même pas intégrale, puisqu'une notable partie des principes azotés émigre dans le

1. Elle est beaucoup plus forte, au moins le double, parfois le triple, dans l'exploitation en taillis sous futaie ; elle augmente à mesure que l'on récolte une plus forte proportion de jeunes axes ; le bois d'une cépée de quinze ans, par exemple, est plus riche en azote que celui d'une cépée de trente ans.

bois avant la chute des feuilles, et puisqu'il est prouvé que les multiples transformations des matières azotées s'accompagnent toujours d'un dégagement d'azote gazeux.

Il ne pourrait y avoir enrichissement du sol forestier en azote par la couverture qu'en admettant que la quantité d'azote combiné qui a été puisée dans l'air et les eaux météoriques soit supérieure aux quantités perdues par l'exportation du bois : ce qui ne peut être, quelque optimisme que l'on montre à cet égard.

Mais il y a une troisième cause de gain possible.

Si le sol où les plantes opéraient, ne fût-ce que très lentement, la réaction que viennent de réaliser dans leur four électrique les deux savants norvégiens, si le sol ou les plantes prenaient directement dans l'air une partie de l'azote libre (qui forme les $\frac{4}{5}$ de l'atmosphère) et le combinaient avec leurs propres éléments pour en faire un aliment azoté, les craintes légitimes exprimées si souvent sur l'insuffisance des sources de l'azote des végétaux et, par suite, sur l'entretien de la vie animale à la surface du globe s'évanouiraient, les plantes ou le sol ayant à leur disposition un réservoir d'alimentation inépuisable.

Pour les plantes, cette captation d'azote libre, longtemps et passionnément discutée, est devenue incontestable depuis la belle découverte d'Hellriegel et Wilfarth en 1888. Ces savants ont montré qu'« on était certain d'obtenir la croissance des légumineuses dans un sol dépourvu d'azote en donnant au sol un peu de délayure d'une terre fertile. Non seulement on obtenait ainsi une végétation normale, mais parfois un développement d'une luxuriance étonnante et, dans ce cas, la récolte accusa constamment un excédent d'azote souvent fort élevé, qui ne pouvait avoir son origine dans le sol⁽¹⁾. »

Cet excédent provient de l'azote de l'air, que les bacilles ou les hyphomycètes des tubercules radicaux ont la propriété de fixer dans leurs tissus et de rendre assimilable pour la plante qui les héberge.

Or, les sols forestiers abondent parfois en légumineuses, surtout les sols les plus pauvres, les sols siliceux, et c'est précisé-

1. Citation textuelle d'une des conclusions du mémoire de Hellriegel, dont on trouvera une excellente traduction dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 1^{re} série, 7^e année, 1890, t. I, p. 84-350.

ment dans ce cas, lorsque le sol ne leur offre pas une dose suffisante d'azote combiné, que les légumineuses complètent ce qui leur manque sous ce rapport, en puisant dans l'azote élémentaire de l'atmosphère.

Dans maintes forêts en sol siliceux, tantôt le genêt à balai, tantôt l'ajonc, tantôt les deux mêlés à beaucoup d'autres papilionacées (genêts, cytises, bugranes) forment une bonne partie du sous-bois, tandis que les sols calcaires porteront en abondance des calycotomes, des cytises, des coronilles, des genêts, des bugranes, des adénocarpes, des spartiers d'Espagne, pour ne parler que des plantes ligneuses.

La découverte d'Hellriegel intéresse donc la culture forestière, puisqu'elle nous fait toucher du doigt une de ces causes compensatrices des pertes d'azote que subissent tous les sols forestiers⁽¹⁾.

En 1897, j'en ai signalé une autre⁽²⁾, sinon plus importante, au moins plus générale : c'est la fixation de l'azote de l'air sur les feuilles mortes de la couverture par l'intermédiaire de certains microorganismes (bactéries, algues). C'est à la suite de nombreuses expériences faites de 1894 à 1900 sur des feuilles cueillies au moment de leur chute, provenant d'arbres divers (feuillus et résineux) et placés dans différents milieux, sur des substratums variés, que je me suis cru autorisé à formuler, entre autres conclusions, celle-ci : « Les feuilles mortes (chêne, hêtre, charme, tremble, pin d'Autriche, épicéa), soit seules, soit mélangées à de la terre, ont la propriété, surtout quand elles sont sur des substratums humides, de fixer en proportions notables l'azote de l'air. »

1. Ce phénomène si important de la fixation de l'azote par les plantes paraît être beaucoup plus général qu'on ne l'avait cru tout d'abord ; ce ne sont pas les légumineuses seules qui sont douées de cette propriété ; les crucifères, par exemple, enrichissent aussi le sol en azote et dernièrement M^{me} Ternetz (*) a isolé des racines de diverses éricinées, famille si abondamment représentée dans les forêts à sol siliceux ou tourbeux, un champignon assimilateur d'azote avec mycélium septé, largement ramifié, formant des pycnides brunes lesquelles contenaient de petites spores hyalines. « Il ne travaille pas, dit l'auteur, à beaucoup près aussi énergiquement que le *Clostridium pasteurianum*, mais il travaille plus économiquement. »

2. Voir mes articles : « L'Azote et la végétation forestière » (*Revue des eaux et forêts*, 1897, p. 641-659) et « Fixation de l'azote atmosphérique par les feuilles mortes en forêt. Nouvelles expériences » (*Annales de la science agronomique française et étrangère*, 2^e série, 8^e année, 1902-1903, t. II).

a. Voir *Ber. der deutsch. botan. Gesellschaft*. Bd. XXII, 5^e livraison.

Je terminais mon dernier article par cette phrase :

« En présence de ces résultats, je considère comme démontré le fait de la fixation de l'azote de l'air par les feuilles mortes de nos arbres forestiers. Par quel mode, par quels intermédiaires s'opère cette captation ? C'est ce que je ne puis préciser. Il est probable qu'outre les bactéries fixatrices d'azote dont nous ne connaissons encore qu'un très petit nombre⁽¹⁾ (*Clostridium pasteurianum*, *Granulobacter*, *Azotobacter*), les végétaux inférieurs (algues, hyphomycètes, lichens, mousses), qui se développent si aisément sur les substratums les plus divers, surtout en présence de l'humidité, interviennent dans une certaine mesure. »

Ces résultats nouveaux n'ont pas été sans soulever quelque émotion parmi les physiologistes forestiers ; je m'attendais à ce qu'ils fussent contrôlés et je le désirais vivement. Mes expériences ont été en effet reprises par deux naturalistes, l'un allemand⁽²⁾, l'autre italien⁽³⁾, qui ont, eux aussi, constaté une fixation d'azote atmosphérique pendant la décomposition des feuilles.

M. Süchting conclut de ses recherches que la fixation d'azote est due à un microorganisme semblable au *Clostridium pasteurianum* de Vinogradsky.

Le Dr Montemartini a opéré sur des feuilles de platane et d'aune. Il termine ainsi son travail : « Reste donc confirmée l'affirmation de Henry que, pendant le processus de décomposition des feuilles tombées des arbres, il se fixe de l'azote atmosphérique et que *cette fixation n'a pas lieu quand on stérilise la matière*⁽⁴⁾, ce qui signifie que le phénomène est dû à la présence

1. On commence à étudier les conditions biologiques de ces bactéries. Voir à ce sujet le récent travail de M. WARMBOLD, *Untersuchungen über die Biologie stickstoffbindender Bakterien*, analysé dans la *Botanische Zeitung* du 16 avril 1906. Il résulte notamment des recherches de l'auteur que l'optimum de température pour la captation de l'azote est entre 18° et 31°. Elle n'aurait pas lieu au-dessous de 5° et au-dessus de 50°. L'humidité joue aussi, comme on doit s'y attendre, un rôle considérable dans le phénomène.

2. H. SÜCHTING, « Die Assimilation des freien atmosphärischen Stickstoffs in totden Laub der Waldbäume » (*Amstbl. d. Landwirtschaftl. Kammer f. Kassel in Hannoversch. Land- und Forstw. Zgt.*, 1905).

3. Dott. LUIGI MONTEMARTINI, *La fissazione dell' azoto atmosferico durante la decomposizione delle foglie cadute dagli alberi*. (Estratto dal Periodico : *Le Stazioni sperimentali agrarie italiane*, 1905, vol. XXXVIII, fasc. X-XI-XII, p. 1060-1065.)

4. Cette phrase fait allusion aux résultats négatifs obtenus par le professeur Hornberger, de l'Académie forestière de Münden, dont j'ai traduit le mémoire dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 1905, t. I, p. 220-230, en le faisant suivre d'observations critiques. Dans les conditions où l'auteur s'était placé — il a

de microorganismes. Je n'ai pu jusqu'alors déterminer s'il s'agissait des organismes étudiés par Vinogradsky et Süchting, ou s'il en intervient d'autres diffusés dans le sol. En tout cas, *le résultat est important* pour qui étudie la signification biologique de la chute des feuilles. Ainsi que l'éminent botaniste Wiesner⁽¹⁾ l'a fait encore remarquer récemment, outre que les feuilles, à leur chute, restituent au sol tous les principes minéraux non fixés dans le corps de l'arbre, elles forment chaque année un substratum de vie pour les microorganismes qui jouent un rôle si considérable dans la fertilisation du sol.

« Ce résultat est important aussi au point de vue pratique, parce qu'il montre combien peuvent être nuisibles la récolte et l'exportation des feuilles sèches qui tombent des arbres à l'automne. »

Les analyses précédentes, qui mettent en relief la faculté que possède la végétation forestière d'enrichir le sol en azote, ne concernent que le sol proprement dit, et non la couverture morte, laquelle a été soigneusement enlevée avant le prélèvement des échantillons de sol; mais il est certain qu'une partie de l'azote constaté dans l'humus du sol provient de celui que les feuilles mortes ont pris à l'air pendant leur décomposition.

opéré sur des feuilles desséchées sur du papier et laissées plus ou moins longtemps dans son laboratoire, par conséquent sur un matériel stérilisé — il était impossible qu'il y eût fixation d'azote puisque les microorganismes fixateurs étaient morts.

1. J. WIESNER, « Die biologische Bedeutung des Laubfalles » (*Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, vol. XXIII, 1905, p. 172). Cette opinion de Wiesner, fondée sur mes premiers résultats confirmés par les recherches ultérieures allemandes et italiennes, montre que ce fait de la captation de l'azote par les feuilles mortes est admis maintenant par les physiologistes.

CONTRIBUTIONS

À LA

FLORE DE LORRAINE ET DES VOSGES

Par M. PETITMENGIN

J'ai encore, une fois de plus, l'occasion de montrer que tout n'est pas connu dans notre flore locale et qu'il reste encore beaucoup à faire. Témoin les faits suivants :

Il y a un mois, mon ami M. G. Bonati, pharmacien à Conflans (Haute-Saône), m'annonçait, dans une lettre datée du 12 novembre dernier, les découvertes par lui faites dans les hautes Vosges, l'une au ballon de Soultz, l'autre au Rossberg. Ci-joint le passage en question : « Sur le sommet même nous avons fait (MM. Bonati père et fils) une trouvaille bien plus intéressante, c'est celle de la *Potentilla aurea* ! plante nouvelle pour la chaîne des Vosges. Elle n'y est pas abondante, j'en ai remarqué six ou sept pieds. Cachée dans le gazon et foulée aux pieds par les nombreux touristes qui visitent le Ballon depuis mai jusqu'en octobre, elle doit rarement fleurir. De plus, elle paraissait clairsemée.....

« J'ai déjà observé cette plante en 1868, au temps où j'étais élève en pharmacie à Soultz, mais j'étais trop jeune à l'époque, je ne l'ai ni déterminée ni conservée.

« Comment a-t-elle pu échapper aux recherches des nombreux botanistes qui ont exploré la cime du Ballon, depuis E. Kœnig de Bâle en 1752, les Hermann, Nestler, Villars, Schauenbourg, Mougeot, Kirschleger ? »

La découverte dans les Vosges du *Potentilla aurea* L., comme celle des *Draba aizoides* par M. Issler de Colmar et de l'*Hieracium Jacquinii*, également par M. G. Bonati, est très intéressante au point de vue de la dispersion géographique de cette espèce. Assez fréquente dans les Alpes, elle se rencontre aussi dans le Jura et jusqu'au Schwarzwald; Döll (1) l'avait déjà indiquée dans les Vosges, mais sans indications précises de localité.

Sur son autorité, Thurmann la mentionne dans les mêmes régions. Il fallut attendre jusqu'en août 1906 pour se convaincre de son existence vraiment réelle au ballon de Soultz.

La seconde trouvaille est celle du *Carlina acaulis* L. La « Caroline blanche », comme on l'appelle en Alsace, n'était jusqu'ici connue dans les Vosges qu'au ballon de Soultz, à Soultzmatt (Arnold) et derrière Soultzbach (Schauenbourg 1803)[2]. La station du Rossberg est donc précieuse à noter.

Sur le versant français, nous enregistrons encore la découverte du *Mimulus propinquus* Dougl., abondant dans un fossé entre Le Tholy et Tendon, par notre ami Jules Garnier. Jusqu'ici, on connaissait déjà deux *Mimulus* naturalisés dans les Vosges : le *Mimulus luteus* L., dans la vallée de la Bruche, toujours très abondant jusqu'à Niederhaslach où il tapisse les bords des ruisseaux; et le *M. moschatus* L., dans les graviers d'Alsace (H. Pétry). C'est une troisième espèce, américaine comme ses deux congénères, qui va prendre rang à côté de bien d'autres qui ont déjà conquis dans notre flore leur droit de cité, et qui, à l'encontre de quelques fugitives, apparues pour disparaître, va, selon toute vraisemblance, se développer à son aise.

Le *Mimulus propinquus* Dougl. se reconnaît de suite à ses fleurs jaunes, deux ou trois fois plus petites que celles du *M. luteus* portées sur des pédicelles longs et grêles, naissant aux entrenœuds, calice égalant la moitié de la corolle, tiges plus petites, fistuleuses, plus grêles, velues, comme dans le *Mimulus moschatus*, feuilles ovales-lancéolées arrondies à la base, portant un petit nombre de dents régulièrement espacées, pétioles courts, tiges couchées ou dressées ascendantes, à premiers entrenœuds radicaux.

1. J. DÖLL, *Rheinische Flora*. Francfort-sur-Main, 1843. « Auf den höheren Vogesen. »

2. KIRSCHLEGER, *Flore d'Alsace*, t. I, p. 455.

Le port de cette espèce la distingue à première vue de ses deux congénères. Elle est plus grêle, a des fleurs plus petites que le *Mimulus luteus* L. (*M. guttatus* D. C.); de plus, elle est velue, ce qui la rapprocherait du *M. moschatus*, mais la forme des feuilles, la longueur des pédicelles, l'ensemble de la plante distinguent de suite le *M. propinquus* Dougl. du *M. moschatus*. Cette espèce est assez fréquente aux États-Unis et au Canada. Elle a dû être importée récemment (M. Méline). Peut-être se maintiendra-t-elle.

Enfin, plus près de Nancy, nous avons le plaisir de signaler de nouvelles localités des espèces suivantes :

Geranium pratense L. : prairies près de Custines (Bussienne).

× **Stachys digenea** Malinvaud (*S. alpina* × *germanica*) parmi les parents dans les champs, non loin du monticule de Fontenoy-sur-Moselle (M. J. Godfrin).

× **Lamium holsaticum** Auct. Austr. (*L. maculatum* × *album*): Malzéville, dans une nouvelle station ; Les Chènevières.

M. Ninck, à qui nous devons déjà la découverte du *Vicia dumeretorum* L., à Bar-le-Duc, a constaté cette année l'hybride de *Stachys sylvatica* et *alpestris*, aux environs de Bar.

DESSINS REPRÉSENTATIFS SUR OS

DE LA

STATION PRÉHISTORIQUE DE SIERENTZ (HAUTE-ALSACE)

Par M. MATHIEU MIEG

RÉPONSE A M. MARCELLIN BOULE

M. Marcellin Boule, dans le dernier fascicule de l'*Anthropologie* (1), m'a fait l'honneur de signaler mes découvertes de Sierentz, mais je suis étonné qu'il ait été si affirmatif, sans avoir vu mes objets, et se soit contenté de les juger sur des phototypies qui, si bonnes puissent-elles être, sont toujours insuffisantes lorsqu'il s'agit d'une question d'authenticité.

Je diviserai les preuves qui me semblent réfuter ses assertions en preuves matérielles et en preuves scientifiques.

Les preuves que j'appellerai matérielles sont au nombre de deux : 1° l'homme que j'emploie depuis de longues années pour mes fouilles n'avait jamais vu un os gravé ni ne se doutait de ce que c'était. Il se borne à exécuter les travaux que je lui indique et, sur mon ordre, me livre les échantillons dans l'état où il les trouve, c'est-à-dire tellement imprégnés d'argile qu'il est impossible de les reconnaître ; 2° il n'avait aucun intérêt à m'apporter une pièce rare, puisque je le paye à la journée. J'ajouterai que tous les objets ont été trouvés par lui, en place, après des

1. Voy. l'*Anthropologie*, 1906 (mai-août), p. 420.

fouilles qui, généralement, duraient plusieurs jours, et qu'aucune pièce ne lui a été fournie par les ouvriers de la tuilerie.

Les preuves scientifiques, si elles sont plus discutables que les précédentes, qui me paraissent concluantes, n'en sont pas moins à prendre en considération.

Depuis ma dernière note ⁽¹⁾, les découvertes faites dans la station de Sierentz ont doublé le nombre d'os gravés que je possède, actuellement au nombre de dix. Ces gravures, sauf une exécutée sur un os à l'état brut, servent toutes d'ornement à des instruments spéciaux : poinçons, racloirs, tranchets, etc.

Toutes ces pièces gravées semblent bien avoir été faites avec les mêmes méthodes que les quinze autres instruments non gravés actuellement en ma possession et portent, comme ceux-ci, des traces indiscutables de polissage sur la pierre, d'usure par frottement ou de raclage avec des procédés grossiers.

Nous arrivons maintenant à la question de gravure des os. M. Boule affirme que la reproduction phototypique que j'en ai donnée suffit pour laisser reconnaître un travail fait avec des outils métalliques. Je n'ai pas la prétention d'être un archéologue infailible, mais il me semble que la question, avant d'être jugée d'une manière aussi absolue, mérite un plus sérieux examen.

Lorsqu'on examine à la loupe les gravures sur os ⁽²⁾ qui font partie de ma collection, on constate, dans les parties qui n'ont pas subi de carbonisation, une certaine irrégularité des contours, des traits raclés et élargis, produits par un mauvais outil qui échappe à la main.

Des essais comparatifs de gravure sur os, exécutés avec un silex de Sierentz et une pointe en métal, m'ont permis de constater que ce sont les dessins gravés au silex qui offrent le plus d'analogie avec ceux de Sierentz. J'ajouterai que ce qui semble également exclure la possibilité de falsification, c'est la difficulté qu'aurait éprouvée un faussaire à donner à ces os l'apparence qu'ils ont : la carbonisation et un séjour prolongé dans le sol ont produit des altérations assez profondes, et plusieurs d'entre eux se montrent recouverts d'une fine pellicule de suie bril-

1. « Dessins représentatifs sur os de la station préhistorique de Sierentz (Haute-Alsace) », par M. Mathieu Mieg. (*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, janvier-mars 1906, p. 9-16.)

2. Quelques-uns de ces os portent également à l'envers des ébauches de gravures.

lante (1). Les os ont subi de nombreuses craquelures et la patine est partiellement enlevée sur certains échantillons.

M. Boule, en parlant du style des dessins, dit que ce sont d'horribles imitations des œuvres d'art de l'époque du Renne. Les pièces que j'ai réunies représentent des ruminants, une tête de cerf, des oiseaux et des poissons appartenant à la faune actuelle, mais je n'y vois pas un animal caractéristique de l'époque du Renne qu'un faussaire aurait pu copier. Les hommes qui habitaient la terrasse de lœss de Sierentz semblent avoir tout simplement voulu représenter, d'une manière le plus souvent primitive, les produits de leur chasse ou de leur pêche.

M. Boule met également en suspicion l'instrument en pierre avec dents de scie, figuré planche II, figure 1, de ma notice, qui lui paraît être de fabrication moderne. Cette lame est taillée et usée sur la pierre, les dents portent des stries qui ne paraissent pas provenir d'un instrument en métal comme une lime ; je ferai remarquer en outre que cet outil a été trouvé avec des os gravés dans la fissure verticale du lœss dont il a déjà été question auparavant. La station de Sierentz a, du reste, fourni depuis la publication de ma note une autre pièce du même genre, consistant en une scie en calcaire noir dont les dents présentent absolument le même aspect que la lame incriminée par M. Boule. L'instrument, en pierre brute, est taillé à éclats du côté opposé à la scie.

Outre ces deux instruments, le nombre des scies en silex trouvées à Sierentz se monte actuellement à sept.

J'ai énuméré les preuves qui me paraissent être en faveur de l'authenticité des objets que j'ai recueillis dans la station néolithique de Sierentz ; malgré cela, subsistera-t-il encore des doutes ? je ne le sais, mais j'ai l'espoir que l'accueil que feront les archéologues à ma note ne sera pas aussi mauvais que celui prédit par M. Boule. Ceux que la question intéresse ne se contenteront peut-être pas de juger sur des phototypies, ils voudront voir par eux-mêmes, et je serai tout à leur disposition s'ils veulent venir examiner ma collection.

1. Cette même matière noire brillante, dont j'ai conservé plusieurs échantillons, remplissait la fissure verticale du lœss dans laquelle plusieurs des os gravés ont été trouvés.

SUR
L'EXISTENCE DE *PSILOCERAS PLANORBE*
DANS LA RÉGION DE VITREY (HAUTE-MARNE)

Par René NICKLÈS

Tombeck a signalé en 1868⁽¹⁾ la faune remarquable de l'infra-lias de Chalindrey. Dans la liste des fossiles qu'il avait recueillis il mettait en évidence l'existence de l'*Ammonites planorbis* ; mais, à ma connaissance, aucun géologue n'a mentionné, à l'est de cette localité, l'existence de la zone caractérisée par cette forme. Elle y existe cependant et beaucoup plus développée qu'à Chalindrey ; elle y est même très fossilifère et mérite d'attirer l'attention tant par l'abondance des exemplaires de *Psiloceras planorbe* que l'on y rencontre, que par la remarquable conservation de quelques-uns d'entre eux.

Le mérite de la découverte de cette zone dans la région de Vitrey et de Jussey doit revenir uniquement à Charles Authelin, qui avait, dès 1902, un an avant sa mort, rapporté au laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Nancy des échantillons bien conservés de *Ps. planorbe* et avait spécialement attiré mon attention sur eux en me signalant tout l'intérêt qu'ils présentaient.

C'est aux environs de Vitrey et de Cemboing qu'Authelin avait recueilli les premiers échantillons. Reprenant l'étude de cette question sur les indications qui m'avaient été laissées par lui, j'ai eu occasion de retrouver cette même zone fossilifère aux environs de Bize, de Pisseloup et de Rosières-sur-Mance.

Les échantillons que l'on recueille dans ces diverses localités sont le plus souvent lisses, ont souvent leur test, atteignent parfois

1. TOMBECK, « Note sur l'infra-lias de Chalindrey (Haute-Marne) ». [*Bull. Soc. géol., Fr.*, 1868, p. 876.]

8 centimètres de diamètre et sont comparables comme conservation aux beaux spécimens de la Souabe.

En cherchant à retrouver les gisements qui m'avaient été indiqués par Authelin, j'ai été amené à constater qu'en se dirigeant vers l'est, l'épaisseur des couches à *Ps. planorbe* augmente.

A Chalindrey, la zone attribuée à *Ps. planorbe* par Tombeck n'a que 30 centimètres d'épaisseur ; elle est constituée par un calcaire roux sans fossiles et forme la base des calcaires jaunes sableux à nombreuses cardinies où l'on trouve rarement *Ps. planorbe*. Or, dans la vallée de l'Amance, ce sont des calcaires bleus, devenant blanchâtres à l'air et dans les fissures ; ces calcaires compacts et finement saccharoïdes sont très durs et beaucoup plus puissants ; sans avoir pu en mesurer exactement l'épaisseur, j'ai le sentiment qu'ils atteignent plusieurs mètres, en tout cas plus de 1 mètre à Pisseloup. Les *Psiloceras* lisses y sont très abondants dans certains lits : pour fixer les idées, j'ai recueilli un échantillon plus petit que la main renfermant sept *Psiloceras*. Les échantillons se dégagent difficilement dans la roche non altérée ; c'est des blocs blanchâtres qu'on peut extraire les meilleurs exemplaires, quelquefois entièrement dégagés sur les deux faces. L'épaisseur paraît plus forte encore à Cemboing qui est à l'est, et plutôt moindre à Maizières qui est à l'ouest. En tout cas, la différence de teinte, de dureté et de structure est très grande entre ces gisements et celui de Chalindrey ; la puissance des couches est aussi très différente. Enfin, les échantillons de Chalindrey sont très rares et de petite taille, phosphatés le plus souvent ; les exemplaires de la vallée de l'Amance sont nombreux, de grande taille, soit en calcaire bleu noir, soit en calcite cristallisée ; cependant, quelques échantillons phosphatés existent près des surfaces oxydées.

Aperçu sur la tectonique de la région. — Ces différences notables dans les conditions de gisement me paraissent se relier d'une manière très sensible à la tectonique de la région. Pour mieux s'en rendre compte, il me paraît utile d'entrer dans quelques détails.

Le tiers inférieur de la feuille de Langres est occupé, pour la plus grande partie, de l'est à l'ouest, par un réseau très compliqué de fractures profondes provoquées par l'effondrement du bassin de la Saône, et ayant pour effet de rejeter en profondeur les terrains situés au sud. Les deux tiers occupant le nord de la feuille

ne sont, au contraire, parcourus que par un petit nombre de fractures, dont l'une, encore très importante, passe à Chalindrey, à Hortes, et se continue vers le nord-est, un peu au nord de Maizières. Cette faille doit se rattacher aussi, comme âge, au réseau de failles du sud. Nous en verrons plus loin la raison.

Or, dans cette surface supérieure de la feuille, relativement peu faillée, se présentent quelques ondulations qui ne sont pas négligeables.

Cuvette synclinale de Jussey. — C'est d'abord la cuvette synclinale assez vaste de Jussey, mesurant au moins 8 kilomètres sur 13 de longueur. Son centre correspond sensiblement aux lambeaux bajociens dominant à l'ouest la ville de Jussey (Haute-Saône); la carte géologique montre nettement autour de ces contours bajociens une série de contours formés du toarcien, du charmouthien, du sinémurien, du rhétien (infralias) et, à la périphérie, toute une série d'affleurements des marnes irisées du trias supérieur; partout le plongement des couches est orienté de la périphérie au centre de la cuvette, c'est-à-dire vers les collines de Jussey; le relèvement des bords un peu moins accusé au sud-ouest n'en est pas moins net.

A partir de Vitrey (Haute-Marne) les couches se relèvent avec un pendage beaucoup plus faible jusqu'aux environs de Fays-Billot, qui constituent une sorte de faite à partir duquel elles commencent à plonger vers l'ouest jusqu'à la région de Chalindrey et au delà.

Or il semble que cette configuration actuelle, si facile à saisir dans son ensemble, existait déjà lors du dépôt des couches à *Psiloceras planorbis*.

En effet, à Chalindrey, près de la ligne de faite, les couches avaient très peu d'épaisseur; les *Psiloceras* lisses n'y sont que faiblement représentés et par des individus qui n'atteignaient que rarement leur développement complet.

Le long de la ligne de faite, je n'en ai rencontré aucun exemplaire; malgré la valeur très contestable d'un caractère négatif, l'absence absolue d'une forme ne pouvant pas être prouvée, il semble qu'ils y soient au moins très rares; mais si, en partant de cette ligne de faite, on se dirige vers le centre de la cuvette de Jussey, on les voit réapparaître dans une assise qui devient rapidement plus épaisse qu'à Chalindrey et où ils atteignent un

développement aussi remarquable par le nombre que par la taille des échantillons.

Ceci nous montre que la cuvette de Jussey devait déjà exister dès le début de la zone à *Psiloceras planorbe*, que par conséquent elle est antérieure au jurassique et très probablement au trias : il est vraisemblable de supposer qu'elle date de l'époque des ridements hercyniens.

Faïlle de Chalindrey. — J'ai mentionné plus haut la grande faille de Chalindrey et de Hortes. Cette faille a pour effet d'abaisser en profondeur les terrains du nord. Si elle avait existé lors du dépôt des couches à *Ps. planorbe*, on aurait toutes chances de retrouver cette forme bien développée comme à Vitrey ou à Pisseloup ; or, dans cette région, on trouve de part et d'autre de la faille une identité à peu près complète entre les terrains : nulle part, sauf un échantillon recueilli à l'est de Marcilly, et dont le gisement reste à l'est de cette ligne de faite prolongée, je n'y ai rencontré d'indice de l'existence de *Ps. planorbe*. Il est donc vraisemblable que cette grande faille n'existait pas encore, puisqu'elle semble n'avoir eu aucune répercussion sur la faune de l'hettangien. Son allure et sa direction semblent au contraire lui attribuer le même âge que les fractures compliquées dues à l'effondrement du bassin de la Saône survenu beaucoup plus tard.

En résumé :

1° Les couches à *Psiloceras planorbe* existent très bien représentées sur le pourtour de la cuvette synclinale de Jussey ;

2° La cuvette synclinale de Jussey est probablement d'origine hercynienne, et certainement antérieure au jurassique ;

3° Le réseau compliqué des failles du sud de la feuille de Langres ainsi que la grande faille de Chalindrey se rattachent à l'effondrement du bassin de la Saône, d'une date bien postérieure ;

4° Le développement vers l'est de la zone à *Ps. planorbe* paraît dû à ce que la cuvette de Jussey existait déjà lors de l'hettangien.

En terminant, je tiens à rappeler que si l'existence non encore signalée, je crois, de *Psiloceras planorbe* dans la région de Vitrey et Jussey présente quelque intérêt, le mérite doit en revenir uniquement à Charles Authelin, qui me l'avait signalée dès 1902.

SUR LA PRÉPARATION DU BARYUM

Par M. A. GUNTZ

J'ai montré il y a quelques années que, par calcination ménagée de son amalgame dans le vide⁽¹⁾, on pouvait obtenir du baryum à 98,5 % de métal. J'ai varié, depuis, de bien des manières, les conditions de cette préparation sans arriver pour cela à un résultat plus satisfaisant. Cela tient à ce qu'à haute température la tension de la vapeur de mercure diminue à mesure que la richesse en baryum augmente et, à la teneur limite que je n'ai pu dépasser, les deux éléments de l'amalgame distillent simultanément.

L'étude systématique des propriétés du baryum et de ses composés m'a permis d'obtenir ce métal à l'état de pureté par deux nouveaux procédés beaucoup plus simples tous deux que le précédent.

Lorsqu'on chauffe à haute température un amalgame de Ba de composition quelconque dans un courant d'hydrogène, on obtient⁽²⁾ un hydrure dont la dissociation dans le vide donne ensuite le baryum. Certaines précautions doivent cependant être observées pour obtenir, par ce procédé, le métal pur.

Il faut d'abord préparer de l'hydrure de baryum exempt de mercure.

Lorsqu'on chauffe progressivement de l'amalgame de Ba dans

1. *Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 872. 1901.

2. *Ibidem*, t. CXXXII, p. 963. 1901.

un courant d'hydrogène, sans précaution spéciale, dans une nacelle en fer, on obtient finalement une masse fondue dont la partie inférieure est de l'amalgame non décomposé, recouvert par une masse grise de BaH^2 contenant encore un peu de mercure dont il est impossible de se débarrasser, en élevant la température de la réaction, sans perdre par volatilisation la majeure partie du produit.

Ce résultat s'explique en remarquant que l'hydrure fondu recouvre l'amalgame en empêchant sa dissociation par la petite quantité de Hg diffusée dans BaH^2 . Il faut donc s'arranger pour obtenir à la fin de l'opération une couche d'hydrure fondu sans mélange d'amalgame.

Voici comment il faut opérer. L'amalgame de Ba à 10 % environ est chauffé dans le vide avec les précautions indiquées pour obtenir le métal; lorsque la température est d'environ 900° , on laisse rentrer lentement dans l'appareil de l'hydrogène pur et sec qui se combine rapidement au métal. On maintient cette température tant que l'hydrogène est absorbé.

L'appareil est alors chauffé plus fortement jusqu'à fusion de l'hydrure qui a lieu vers 1200° . En employant une nacelle en fer, à fond plat, placée bien horizontalement, et un poids d'amalgame contenant au plus 20 grammes de métal, on obtient de l'hydrure bien exempt de mercure.

Il est nécessaire de mettre en avant et en arrière de la nacelle une spirale de fil de nickel, pour éviter que le mercure condensé ne puisse, en coulant dans la partie chauffée, produire la rupture du tube. L'hydrure de baryum ainsi obtenu se détache facilement de la nacelle, il est assez peu altérable à l'air et se laisse manier facilement. On le place dans un tube de fer fermé à une de ses extrémités que l'on chauffe progressivement jusqu'à 1200° dans un tube de porcelaine où le vide est fait d'une façon continue par une trompe à Hg. Vers 700° l'hydrogène commence à se dégager par suite de la dissociation de l'hydrure, mais la volatilisation du baryum ne commence qu'après le départ des dernières traces d'hydrogène et à une température plus élevée. Le dépôt du métal se produit alors sur le tube protecteur de nickel dont on ne peut le détacher à cause de son adhérence due partiellement à la formation d'un alliage $Ni + Ba$.

Pour arriver cependant à recueillir facilement le baryum, j'ai

employé l'artifice suivant, qui permet par le principe du tube chaud et froid de Deville d'obtenir cristallisés les métaux et substances volatiles dans le vide, même lorsqu'elles attaquent les parois des tubes où se fait la réaction.

Devant l'extrémité du tube de fer chauffé et sans le toucher, à l'endroit où se dégagent les vapeurs, on place un tube en acier poli de 8 millimètres environ de diamètre extérieur fermé par une extrémité et refroidi par un courant d'eau intérieur : le baryum s'y dépose par sublimation lente à l'état cristallisé et peut s'en détacher très facilement.

On obtient ainsi un métal d'un blanc d'argent qui est alors absolument pur ; il est malheureusement assez altérable, se ternit avec rapidité à l'air humide, mais se conserve inaltéré dans CO_2 sec. J'ai trouvé dans deux analyses :

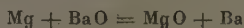
$$\text{Ba} = 99,56 \text{ et } 99,46 \text{ \%}.$$

On peut, à cause de la grande altérabilité du métal, considérer le baryum ainsi obtenu comme absolument pur.

Ce procédé nous a permis, à l'aide de l'hydruure de strontium, d'obtenir également à l'état de pureté le strontium⁽¹⁾ ; la sublimation dans le même appareil du calcium industriel à 97 % donne également du métal chimiquement pur, comme nous l'avons montré, MM. Henry Bassett junior et moi⁽²⁾.

Le magnésium, d'après Winkler, réduit les oxydes alcalins terreux⁽³⁾ en mettant le métal en liberté, mais sans qu'il pût l'isoler du mélange ; j'ai essayé de produire cette séparation en profitant de la volatilité de ces métaux dans le vide.

Mais la réaction pour la baryte est loin d'être aussi simple que la formule de Winkler



semble le faire supposer.

Elle dépend en effet d'un grand nombre de facteurs, pureté de

1. *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 400. 1906.

2. *Journal de chimie physique*, t. X, p. 1. 1906.

3. *Winkler Ber.*, t. XXIII (1), p. 125. 1890.

la baryte, température et durée de chauffe, proportion et degré de finesse des constituants.

Nous n'avons pu, pour nos expériences, employer de la baryte pure, qui est très difficile à préparer, et les échantillons d'une même préparation sont loin d'avoir la même composition, quoique la teneur en baryum soit à peu près la même. Cela tient à ce qu'on ne peut se débarrasser des dernières portions de BaO^2 dont il y a quelquefois plus de 30 % dans des échantillons de baryte industrielle. Pour se rendre compte de la pureté d'une baryte commerciale, voici le moyen que j'ai employé :

Dans un vase jaugé de 200 centimètres cubes bouché à l'émeri, on met un peu moins de 200 centimètres cubes d'eau, puis un fragment pesé de la baryte à analyser. Après avoir complété à 200 centimètres cubes, on agite pendant quelques minutes, puis on laisse déposer. On enlève ensuite avec une pipette 100 centimètres cubes ou l'on dose l'alcalinité avec une solution de $HCl \frac{N}{2}$.

On trouve ainsi des teneurs en baryte dans deux échantillons différents :

Soluble à l'eau	Soluble dans HCl étendu
88,10 %	98,5

même préparation,

59,93	93,61
48,93	94,52

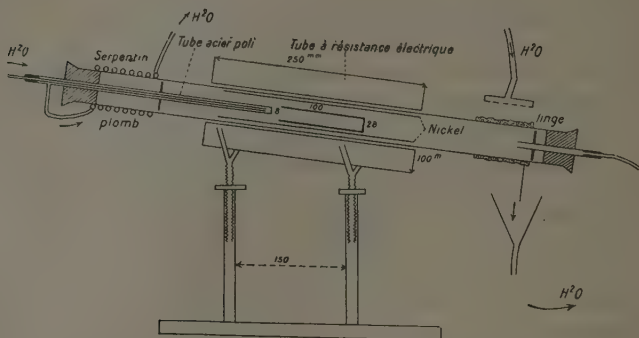
Dans certains échantillons il y avait jusqu'à 30 % de BaO^2 dosée par H^2O^2 produite dans l'action de HCl étendu. La teneur en baryum a varié de 87,7 à 89 %. La théorie pour BaO pur exige 89,57.

On peut remarquer que BaO^2 pur titre 81,12 de Ba. Si on prend la différence entre ces deux teneurs, qui est 8,45, elle correspond à 100 % de BaO^2 . Ce qui montre que 1 % de différence entre 89,57 et le nombre trouvé dans le dosage de Ba correspond environ à 12 % de BaO^2 , en supposant toute la baryte combinée à l'oxygène.

Pour éviter l'action des gaz sur Ba formé et l'attaque des tubes de porcelaine par Mg ou Ba en vapeur, nous avons toujours opéré de la manière suivante :

Le mélange à expérimenter est placé dans un creuset en acier

doux de 28 à 30 millimètres de diamètre intérieur et 100 millimètres de long et 1 millimètre d'épaisseur de paroi. L'intérieur du tube de porcelaine est protégé par une tôle de nickel de deux dixièmes d'épaisseur et 230 millimètres de long. On place devant le tube de fer un tube d'acier refroidi de 8 millimètres de diamètre extérieur.



On chauffe très lentement dans un four à résistance électrique, en ayant soin de faire le vide d'une façon continue à la trompe à mercure.

L'expérience montre alors que dans ces conditions la réaction dépend de la pureté de la baryte et de la grosseur des grains de magnésium. En employant un mélange de magnésium en poudre fine et de baryte pure ou contenant du bioxyde, la réaction est assez énergique et rapide pour produire presque chaque fois la rupture du tube.

Lorsqu'on prend du magnésium en poudre grossière obtenue en limant avec une râpe une barre de magnésium, la réaction ne devient brusque que lorsque l'on emploie de la baryte contenant beaucoup de bioxyde. On obtient au contraire à coup sûr une réaction progressive, même en employant de la baryte impure, en plaçant au fond du creuset le magnésium en morceaux, puis, au-dessus, BaO en grains séparés du métal par un treillis en fer.

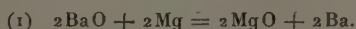
On constate alors qu'en élevant progressivement la température, vers 500° il commence à se dégager de l'hydrogène provenant de l'action du magnésium sur Ba(OH)_2 toujours contenu.

L'on cesse de chauffer lorsque la température extérieure du tube de porcelaine est d'environ 900°⁽¹⁾.

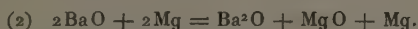
En retirant le tube, on constate que la baryte a changé d'aspect, elle est devenue noirâtre, traitée par l'eau, elle dégage de l'hydrogène, ce que ne fait pas le magnésium.

Deux réactions sont possibles :

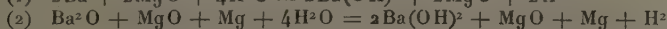
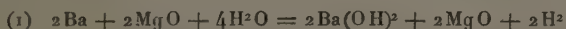
1° Il y a formation de Ba comme l'admet Winkler



Ou bien la réaction n'est pas complète, il n'y a qu'une portion de l'oxygène enlevée avec formation d'un sous-oxyde qui, d'après nous, aurait pour formule Ba²O



Nous avons cherché à décider entre ces deux réactions. On peut remarquer que, si l'on traite par l'eau le produit fritté, on aurait dans



et que, par conséquent, le volume d'H dégagé dans (2) serait la moitié de celui de la réaction (1).

On peut distinguer les deux réactions par l'analyse. Traïtons un poids connu du mélange par de l'eau pure dans un nitromètre de Lunge, par exemple, et mesurons d'abord le volume d'hydrogène dégagé V(H) exprimé en centimètres cubes, puis l'alcalinité V(A) de la solution exprimée en centimètres cubes d'une solution normale d'(HCl). Cette alcalinité étant mesurée sur la solution filtrée, pour éviter la présence de Mg pouvant rester, on a le rapport pour la formule (1) :

$$\frac{V(H)}{V(A)} = \frac{2 \times 22\,400}{2 \times 2\,000} = 11,22;$$

pour la formule (2) :

$$\frac{V(H)}{V(A)} = \frac{22\,400}{2 \times 2\,000} = 5,61,$$

1. Les températures indiquées sont celles mesurées par une pince thermo-électrique fixée sur le tube de porcelaine; mais ces nombres sont certainement supérieurs à la température intérieure réelle par suite de la présence du tube de fer refroidi placé dans le voisinage.

mais ces réactions ne sont pas d'un emploi rigoureux, car il est très difficile d'obtenir un mélange homogène dans les conditions où nous sommes placés, et en n'employant jamais un grand excès de magnésium. D'ailleurs, connaissant l'altérabilité du baryum, il nous semble difficile d'admettre l'existence de ce composé en poudre dans le mélange résultant de l'action de Mg sur BaO qui, comme l'a montré l'expérience, est peu altérable à l'air.

Nous allons d'ailleurs montrer, en donnant le détail de nos expériences sur la préparation du baryum, que tous les faits expérimentaux s'accordent qualitativement avec la formation d'un sous-oxyde.

Faisons agir Mg sur BaO en quantité équivalente, chauffons 8 grammes de Mg en grains et 50 grammes de BaO dans notre tube en fer, en chauffant très lentement, et maintenons une température de 930° pendant une heure et demie, nous constatons sur le tube refroidi un alliage de Mg + Ba. Le produit noir analysé a donné pour 0^{gr},3069 :

$$V(H) = 14,2 \quad V(A) = 4 \quad \frac{V(H)}{V(A)} = \frac{14,2}{4} = 3,5.$$

On voit que le rapport est inférieur à celui exigé par Ba²O et s'en rapproche.

D'ailleurs, la composition de l'alliage Mg + Ba dépend énormément de la manière de chauffer et de la température finale.

Ainsi, en mettant au fond du tube 5 grammes de magnésium recouvert par 30 grammes de baryte, si l'on maintient pendant trois heures une température de 900°, le dépôt sur le tube froid renferme 58,61 % de baryum.

Chauffons dans les mêmes conditions 2^{gr},5 de Mg avec 46 grammes de BaO, correspondant sensiblement au mélange 3BaO + Mg, pendant une heure et demie à 1 100°, le dépôt sur le tube refroidi est plus riche en magnésium. Le dosage des deux éléments a en effet donné

Mg.	62,26
Ba.	37,77
	100,03

Nous avons essayé ensuite de faire passer les vapeurs de cet alliage sur BaO pur et nous avons vérifié que le produit sublimé

renfermait encore du magnésium. Il nous semble bien établi que par distillation, dans les conditions de nos expériences, on ne peut obtenir du baryum pur.

Nous pouvons expliquer ces expériences de la manière suivante : lorsque à haute température le magnésium réagit sur le baryte il se forme principalement du sous-oxyde de baryum. Ce sous-oxyde, instable à ces hautes températures, donne en se dissociant du Ba qui réagit partiellement sur MgO . Il se produit entre ces deux métaux un équilibre, fonction de la température, qui les fait déposer sur le tube froid en proportion variable avec les conditions expérimentales. Nous avons prouvé cette hypothèse de la manière suivante :

1° Nous avons fait réagir sur de la baryte anhydre du baryum métallique ou de l'amalgame à 60 %, en mettant ces substances au fond du tube de fer chauffé, puis les recouvrant de BaO en grains séparés du métal par un treillis de fil de fer.

En chauffant dans ces conditions 10 grammes de Ba et 30 grammes de BaO à 1110° pendant une heure, on constate après refroidissement que tout le Ba s'est vaporisé et que la plus grande partie est restée fixée sur BaO . Sur le tube de fer il n'y a qu'un dépôt insignifiant.

Répétons la même expérience dans les mêmes conditions, en prenant 17 grammes de Ba + 17 grammes de BaO : il y a cette fois un léger dépôt de baryum sur le tube refroidi. La baryte est devenue noire et frittée, ressemblant au produit obtenu avec le magnésium.

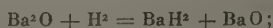
Analysé, on trouve que $0^{\text{gr}},4877$ dégagent $19,67$ d'hydrogène par l'action de l'eau et l'alcalinité $V(A) = 6,5$.

Le rapport $\frac{V(H)}{V(A)} = \frac{19,67}{6,55} = 3$, il y a donc un excès de baryte dans le sous-oxyde obtenu.

Mais ces expériences prouvent que le baryum se fixe sur la baryte en donnant un sous-oxyde auquel nous donnons la formule Ba^2O , sans avoir pu cependant obtenir ce composé pur ; c'est la formation de ce composé et sa stabilité qui explique la réaction inverse du baryum sur la magnésie que nous avons pu vérifier facilement.

Cette formation de sous-oxyde de Ba^2O explique la formule BaH donnée par Winkler à l'hydrure de baryum. En effet, si dans les

conditions expérimentales de l'auteur, au lieu de se former Ba, il se produit Ba^2O , l'hydrogène donnera la réaction



mais l'hydrure formé englobe la baryte et empêche l'action ultérieure du magnésium. Il reste donc, après action de l'hydrogène, un mélange équimoléculaire de $BaH^2 + BaO$ qui, analysé d'après la méthode de Winkler, donne pour le rapport $\frac{H}{Ba}$ l'unité, ce qui explique aussi pourquoi ce savant avait adopté la formule BaH au lieu de la formule BaH^2 qui ressort de mes expériences sur le composé pur.

L'expérience nous a montré d'ailleurs que ce sous-oxyde jouissait des propriétés du baryum. Il décompose l'eau en dégageant H. Chauffé dans H ou N, il absorbe ces gaz pour donner BaH^2 ou Ba^3N^2 . Nous pouvons déduire de cette formation de sous-oxyde de baryum à haute température et de sa dissociation d'autres méthodes de formation du baryum : il suffira de chauffer la baryte à haute température avec un métal à grande chaleur d'oxydation. Nous avons étudié ce qui se passe avec le calcium et l'aluminium.

Chauffons à 1100° pendant une heure dans notre tube en fer un mélange en proportions équivalentes de calcium en poudre et de baryte, nous obtiendrons sur le tube froid un mélange de Ca et de Ba riche en baryum. Si l'on augmente la proportion de baryte, le métal sublimé ne renferme plus que des traces de calcium reconnaissable seulement par l'oxalate d'ammoniaque. Lorsque la vapeur de calcium passe sur une colonne de baryte, on constate que le baryum obtenu ne contient pas de trace de calcium. Ce procédé pourrait donner en grand facilement le baryum. On peut remarquer que dans toutes ces expériences on est obligé de chauffer les tubes à une température bien supérieure à la volatilisation de Ba retrouvé. Ce résultat s'explique par la formation de Ba^2O dont la dissociation donne le métal. Nous comptons faire quelques expériences avec des tubes en silice fondue pour opérer dans le vide à plus haute température et obtenir des réactions plus rapides.

Lorsqu'on veut obtenir du baryum pur, on peut remplacer le calcium par un métal non volatil dans le vide, comme l'aluminium, quoique la chaleur d'oxydation soit plus petite que celle du

baryum. Mélangeons, en effet, BaO en poudre avec un dixième de son poids de Al en petits grains et chauffons à 1100° dans le vide. L'aluminium comme Ca et Mg réagira sur BaO ; grâce à la formation de Ba²O, il se produira un équilibre entre Al et Ba, mais, dans les conditions expérimentales où nous nous trouvons, Al n'étant pas volatil, Ba ira se condenser seul sur le tube froid et l'on obtiendra ainsi un métal cristallisé d'aspect semblable à la pyrite rayonnée à cassure d'un éclat blanc d'argent, c'est du baryum pur. Un échantillon légèrement altéré à la surface renfermant 98,56 de Ba, si l'on voulait le métal absolument pur, il suffirait de le sublimer une deuxième fois dans le même appareil et de le mettre rapidement dans une atmosphère de CO² sec, car le métal ainsi obtenu est très altérable et s'enflamme facilement à l'air humide quand on opère sans précaution. Il ne faut pas prendre un trop grand excès d'Al pour obtenir un meilleur rendement, car dans ce cas on obtient des alliages stables de Ba + Al obtenus déjà par Beketoff et Stansfield⁽¹⁾. Mallet avait déjà montré⁽²⁾ qu'à très haute température, à la pression atmosphérique, l'aluminium réduisait les oxydes alcalino-terreux dont il pouvait constater les vapeurs dans les gaz s'échappant du creuset. J'ai reconnu également que l'aluminium et le magnésium agissent sur la strontiane comme sur la baryte.

Al en poudre réagissant sur SrO donne du strontium cristallisé de la même manière et plus facilement que le baryum. On peut remarquer aussi que le sous-oxyde de strontium est moins stable à haute température que Ba²O.

Nous n'avons pas essayé de préparer le calcium par cette méthode, ce métal se préparant facilement dans l'industrie par électrolyse, mais l'étude de l'action du magnésium sur la chaux au rouge nous a conduit à des résultats intéressants.

Le mélange de chaux vive et de magnésium (mélange de M. Maquenne) absorbe, comme on le sait, vers le rouge l'azote pour donner Ca³N².

L'on admet qu'il se forme d'abord du calcium par la réaction $Mg + CaO = Ca + MgO$.

D'après M. Moissan⁽³⁾, « si nous considérons les chaleurs de

1. STANSFIELD, *Annales phys. chimie*, t. XXV, p. 284. 1902.

2. MALLET, *Annales de Liebig*, t. CLXC, p. 62.

3. MOISSAN, *Annales phys. et chimie*, t. XVIII, p. 340. 1899.

formation d'autres oxydes, nous remarquons que $\text{Mg} + \text{O} = 143,4$; il semblerait donc encore ici que le calcium dût déplacer le magnésium; or nous savons qu'en chauffant un mélange de chaux anhydre et de magnésium en poudre dans un creuset de fer à couvercle vissé en présence d'un excès de sodium, on produit des cristaux de calcium. La réaction est donc contraire. Le magnésium déplace nettement le calcium de la chaux vive au rouge sombre. Les expériences de Winkler avaient déjà mis ce fait en évidence. »

On doit expliquer cette action du magnésium sur la chaux comme nous avons interprété son action sur la baryte : il y a production à basse température d'un sous-oxyde de calcium dont la chaleur de formation compense l'écart thermique entre les chaleurs d'oxydation de Mg et Ca (+ 8^c,5); à température élevée, au contraire, le magnésium n'a pas d'action sur la chaux; bien plus, conformément aux chaleurs de formation, le calcium déplace quantitativement à haute température le magnésium de la magnésie, conformément à la théorie.

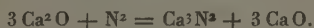
C'est ainsi qu'en chauffant dans le tube en fer à 1 050° pendant une heure un mélange de 5 grammes Ca + 5 grammes MgO recouvert d'une couche de MgO, on constate sur le tube de fer un dépôt de Mg cristallisé ne contenant pas trace de Ca et l'expérience recommencée plusieurs fois a donné le même résultat.

Voici d'ailleurs le détail de quelques expériences. J'ai chauffé dans le vide à 650°, pendant trois heures et demie, un mélange de 28 grammes Ca + 12 grammes Mg correspondant à $\text{CaO} + \text{Mg}$; il n'y a pas eu de réaction sensible, car le produit traité par l'eau ne dégage pas sensiblement d'hydrogène; reprenons le même produit et chauffons-le à 850° pendant trois heures sous pression réduite d'argon (0^{sr},15 de Hg). On retire alors du tube une masse noire ressemblant à Ba^2O décomposant l'eau. Lorsque la réaction est terminée, une goutte d'HCl produit un nouveau dégagement d'hydrogène, prouvant qu'il reste encore une notable partie du magnésium inaltéré.

Nous avons recommencé l'expérience en chauffant 3 grammes de Mg + 21 grammes de CaO, c'est-à-dire un grand excès de chaux, à 840° pendant trois quarts d'heure dans de l'argon à la pression atmosphérique.

De la mesure de H dégagé dans l'action de l'eau, on déduit que les 7/8 du Mg n'ont pas réagi.

Nous avons essayé de décomposer ce sous-oxyde comme nous l'avons fait avec Ba^2O . Un mélange de 3 grammes de Mg + 21 grammes de CaO est placé dans un tube de fer et recouvert de CaO . On chauffe progressivement jusqu'à 1100° dans l'argon, puis on fait le vide dans l'appareil et l'on maintient la température pendant une demi-heure. On constate que le métal condensé sur le tube froid est du magnésium pur sans calcium. Ces résultats ne peuvent s'expliquer que par la formation d'un sous-oxyde de calcium stable à basse température et dont les propriétés ressemblent à celles du calcium. Il absorbe N par exemple pour donner Ca^3N^2 .



Le magnésium restant réagit sur une nouvelle proportion de chaux, et c'est ainsi que le calcium est entièrement transformé en azoture dans le mélange de M. Maquenne. Le calcium libre ne peut exister dans ces conditions, car dans toutes les conditions où nous l'avons fait réagir sur de la magnésie il y a toujours eu formation de magnésium pur. Si, dans l'expérience de M. Moissan, il y a formation de calcium au contact d'un excès de sodium, cela tient à ce que dans ce cas le sous-oxyde peu stable se dissocie en présence du sodium fondu, qui dissout du calcium et empêche la réaction inverse sur la magnésie.

SUR

LA DISSOLUTION DE L'HYDRURE DE LITHIUM

DANS LE CHLORURE DE LITHIUM FONDU

Par M. A. GUNTZ

J'ai montré, il y a quelques années⁽¹⁾, que lorsqu'on chauffe dans un courant d'hydrogène poids moléculaires égaux de LiCl et Li, le lithium se dissout en donnant un produit blanc fondu qui, traité par l'eau, donne de la lithine avec dégagement d'hydrogène. Cette réaction m'avait permis d'ailleurs d'analyser le produit en dosant l'alcalinité de la liqueur et le chlorure contenu. De ces données on peut en effet conclure le rapport du nombre de molécules de LiCl au nombre d'atomes de Li libre contenus dans le composé. Ce rapport est en effet égal à celui du chlore et de l'alcalinité trouvés exprimés tous deux en liqueur de même normalité, par exemple N/10.

C'est ainsi que j'avais trouvé pour $\frac{\text{LiCl}}{\text{Li}} = \frac{13.05}{13.55}$, ce qui correspondait sensiblement à la formule d'un sous-chlorure Li, LiCl ou Li²Cl. Mais les propriétés actuellement mieux connues du lithium permettent d'interpréter différemment le résultat de ces expériences. J'ai montré en effet que ce métal se combine facilement à l'hydrogène en donnant un hydruure très stable. Aussi lorsqu'on chauffe un mélange de Li + LiCl dans l'hydrogène, on peut admettre qu'au lieu de sous-chlorure il se forme d'abord

1. *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 945. 1895.

de l'hydrure LiH se dissolvant ensuite dans le bain de chlorure fondu en donnant un mélange $\text{LiH} + \text{LiCl}$ si l'on a employé poids moléculaires égaux des composants et l'on ne peut distinguer ces deux mélanges par la méthode d'analyse employée précédemment, le rapport $\frac{\text{LiCl}}{\text{Li}}$ étant le même.

D'ailleurs, ces deux mélanges ont une composition très voisine :

	Li^2Cl	$\text{LiH} + \text{LiCl}$
Li.	28,40	27,84
Cl.	71,60	70,18

et par conséquent le dosage des éléments chlore et lithium ne permet pas de distinguer entre ces deux mélanges.

La connaissance des propriétés de l'hydrure de lithium nous donne une autre méthode d'analyse permettant de différencier les deux mélanges.

Nous savons que la réaction de LiH sur l'eau peut s'écrire $\text{LiH} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiOH} + \text{H}_2$.

Le rapport entre le nombre des molécules d' H_2 et de LiOH formées est égal à 2, tandis qu'il est égal à l'unité par le sous-chlorure. $\text{Li}^2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{LiCl} + \text{LiOH} + \text{H}_2$.

Il est facile de mesurer ce rapport. Dans un nitromètre de Lunge, par exemple, on traite un poids connu du composé par l'eau, on mesure le volume $V(\text{H}_2)$ d'hydrogène dégagé exprimé en centimètres cubes. On mesure ensuite l'alcalinité $V(\text{A})$ de la solution exprimée en centimètres cubes; de la solution normale le rapport $\frac{V(\text{H}_2)}{11,22} : V(\text{A})$ est le nombre cherché.

En effet, dans le cas de Li^2Cl pur le rapport $\frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{A})} = \frac{11\ 220}{1\ 000} = 11,22$.

Le rapport $\frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{A})} : 11,22$ exprimé ainsi donnera donc immédiatement la composition du mélange en molécules.

L'analyse par cette nouvelle méthode du produit obtenu dans l'action de Li sur LiCl , en présence de H_2 , montre la production dans ce cas d'un mélange équimoléculaire d'hydrure et de chlorure et non de sous-chlorure.

Voici par exemple les résultats de l'analyse d'un produit homogène obtenu en chauffant dans une nacelle en fer dans un courant

d'hydrogène un mélange de 2 grammes de Li et 14 grammes de LiCl.

$$P = 0,087,0908 \quad V(H) \text{ à } 0 \text{ et } 760 = 32^{cc},0 \quad HCl \frac{N}{10} = 14^{cc},3 \quad V(A) = 1.43$$

$$\frac{1}{11,22} \frac{V(H)}{V(A)} = 1.99.$$

La théorie pour le mélange LiH + LiCl exigeant pour $\frac{1}{11,22} \frac{V(H)}{V(A)} = 2$, on peut en conclure que l'on a bien affaire à ce mélange et pas à Li²Cl pour lequel ce rapport est égal à l'unité.

On peut maintenant se poser la question : le sous-chlorure de lithium existe-t-il ?

J'ai fait, pour résoudre cette question, de nombreuses expériences. Pour faire réagir le lithium sur son chlorure, il faut évidemment opérer en l'absence de gaz ayant une action sur le métal, comme l'hydrogène ou l'azote. J'ai essayé cette réaction dans le vide, dans l'argon, dans un creuset fermé.

1° *Dans le vide.* — J'ai essayé de combiner à l'état naissant Li et LiCl en dissociant dans le vide un mélange de LiH + LiCl chauffé à 880° pendant deux heures; après refroidissement on constate qu'une grande partie de LiCl est volatilisée; le produit restant dans la nacelle est analysé :

$$P = 0,0986 \quad V(H) \text{ à } 0 \text{ et } 760 = 15^{cc},33 \quad V(A) = 0^{cc},76 \quad HCl \frac{N}{10} = 7^{cc},6$$

$$\frac{1}{11,22} \frac{V(H)}{V(A)} = \frac{15,33}{0,76 \times 11,22} = 1,79.$$

On peut en conclure déjà que l'hydrure de lithium n'a été que faiblement décomposé et qu'il y a un peu de sous-chlorure formé. Cherchons la proportion d'hydrure contenue; l'analyse pondérale donne

Cl	78,20 %
Li	21,49
	99,69

Si on rapporte à 100 grammes de mélange on a :

H dégage	15,596 en atomes	$\frac{15\,596}{11\,220} = 1,39$
Alcalinité	7,708	$\frac{7\,708}{10\,000} = 0,77$
Chlore.	78,21	
Lithium	21,49	

Soit X la proportion de sous-chlorure
 Y la proportion d'hydruure
 H l'hydrogène
 A l'alcalinité

} exprimés en molécules.

on a les deux relations

$$(1) \quad X + 2Y = H$$

$$(2) \quad X + Y = A.$$

En retranchant (1) — (2) :

$$Y = H - A = 1.39 - 0.77 = 0.62.$$

En retranchant (2) — (1) :

$$X = A - Y = 0.77 - 0.62 = 0.15.$$

C'est-à-dire :

$$Y = 0.62 \quad X = 0.15.$$

On peut conclure de ce résultat que dans le mélange il y a 62 molécules de LiH pour 15 de Li²Cl, c'est-à-dire un grand excès du premier composé, mais ils se trouvent cependant tous deux en faible proportion dans le mélange, car si l'on partage le lithium de l'alcalinité proportionnellement à ces deux nombres entre l'hydrogène et le chlorure de lithium on trouve finalement comme composition du produit obtenu :

LiCl	88.86
Li ² Cl	5.91
LiH	4.98
	99.75

N'ayant pu obtenir Li²Cl pur en présence de l'hydrogène, nous avons recommencé ces expériences en remplaçant ce gaz par de l'argon. Un mélange de 20 grammes de LiCl sec et de 2 grammes de Li placé dans une nacelle en fer est chauffé dans un tube de porcelaine jusqu'à fusion du chlorure. On a eu soin de faire d'abord le vide dans l'appareil, puis d'y faire entrer environ 80 centimètres cubes d'argon. Après refroidissement on constate que la majeure partie de Li n'a pas réagi.

L'analyse du produit donne Cl % 80,97, Li % 17,53.

$$P = 0,3968 \quad V(H) \text{ à } 0 \text{ et } 760 = 44,55 \quad V(A) = 1,0$$

d'où :

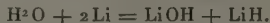
$$\frac{1}{11,22} \frac{V(H)}{V(A)} = 0,405.$$

Voici comment nous pouvons interpréter ce résultat :

1° La proportion de sous-chlorure formée est très faible, car l'alcalinité provenant de la décomposition du produit par l'eau est très petite; elle correspond en effet à 25^c,28 de liqueur HCl N/10 par gramme de matière, la théorie pour Li²Cl exigerait 201^c,9;

2° Le sous-chlorure est mélangé d'une forte proportion de lithine, car le rapport $\frac{V(H)}{V(A)} = 0,405$ au lieu de l'unité;

3° La somme des poids du chlore et du lithium ne donne pas 100, mais seulement 98,50. On doit attribuer cette différence à la présence de l'oxygène de la lithine et, dans ce cas, la présence du sous-chlorure de lithium n'est plus certaine, car on pourrait à la place de Li²Cl admettre la formation d'un des mélanges Li²O + 2 LiH ou LiOH + LiH provenant tous deux de l'action de la vapeur d'eau sur le lithium.



On ne peut également calculer avec certitude la répartition des éléments, à cause de la trop faible quantité de lithium dissous. Nous avons donc dû chercher si dans d'autres conditions expérimentales nous pouvions obtenir un composé pur.

Pensant que la dissolution incomplète de Li provenait de ce que la température n'était pas assez élevée, nous avons recommencé l'expérience en chauffant le même mélange à 880°. On constate alors que la majeure partie de LiCl a distillé, ce qui tient à ce que la pression de l'argon est trop faible (150 millimètres environ). Le produit restant dans la nacelle analysé donne une alcalinité très faible, 28^c,82 par gramme, mais le rapport $\frac{1}{11,22}$

$$\frac{V(H)}{V(A)} = 1,05.$$

Ce rapport permettant de conclure à la formation du sous-chlorure Li²Cl.

Nous avons répété l'expérience précédente en opérant dans l'argon à la pression atmosphérique et en prenant les plus grandes

précautions contre l'humidité. Le LiCl placé dans une nacelle en fer était fondu au préalable dans un courant d'H bien sec. La nacelle, contenant 10 grammes de LiCl, 0^{gr},5 de Li, est introduite dans un tube de porcelaine chauffé vers 300° que l'on a desséché en laissant rentrer trois fois H bien sec. On fait alors le vide rapidement, puis on laisse rentrer dans l'appareil par l'intermédiaire d'un tube à P²O⁵ de l'argon sec provenant d'un petit gazomètre à mercure. La nacelle est alors chauffée au rouge (800°) pendant deux heures. L'argon se dilatat sous l'action de la chaleur est maintenu à la pression atmosphérique en renvoyant l'excès de gaz dans le gazomètre.

L'opération terminée, on laisse refroidir, on enlève l'argon, puis on remplace par CO² sec.

La majeure partie de Li reste inaltérée, le chlorure analysé donne pour 100 grammes V(H) = 456^{cc},0.

$$\frac{1}{11,22} \frac{V(H)}{V(A)} = 0,500$$

$$V(A) = 827^{\text{cc}},0 \quad \text{Cl } \% 82,94.$$

On peut en conclure : 1° que la proportion de lithium dissoute à l'état de sous-chlorure est très faible, 4,56 au lieu de 201,9, ce qui fait environ 2,2 %; 2° qu'il y a de la lithine formée.

L'expérience renouvelée a fourni plusieurs fois des résultats du même ordre. On ne peut donc conclure à la formation de sous-chlorure de lithium.

Pour faire ces expériences il m'a fallu une certaine quantité d'argon; au lieu de retirer l'argon de l'azote atmosphérique, opération toujours assez pénible, j'ai songé à employer l'oxygène retiré de l'air liquide où M. Claude m'avait signalé dans l'azote résidu jusqu'à 13 % d'argon. L'analyse d'un échantillon d'oxygène retiré de l'air liquide par le procédé Claude m'a fourni les résultats suivants :

$$\text{O} = 97 \% \quad \text{N } 2,1 \% \quad \text{AR } 0,9.$$

Lorsqu'on a absorbé l'oxygène par un procédé quelconque, le cuivre par exemple, il reste un mélange d'azote et d'argon contenant environ 30 % d'argon. L'argon s'obtient pur ensuite en faisant passer au rouge ce résidu sur un mélange de chaux vive et de calcium en poudre qui est bien préférable au calcium pur que j'avais employé dans d'autres expériences.

La teneur en argon est plus forte que celle indiquée par M. Claude : cela tient probablement à ce qu'elle dépend de la plus ou moins grande richesse en azote du composé. En tout cas, l'argon est beaucoup plus facile à retirer de l'oxygène du procédé Claude que de l'air.

Nous avons essayé enfin de chauffer $\text{Li} + \text{LiCl}$ en vase clos au rouge en employant des creusets en acier fondu de 30 millimètres de diamètre intérieur et de 50 millimètres de hauteur fermé par un couvercle vissé formant joint.

Lorsqu'on chauffe cet appareil au rouge on constate que la fermeture n'est plus hermétique. Nous avons évité cette difficulté en plongeant l'appareil tout entier dans un bain de CaCl_2 fondu. Dans ces conditions les gaz ne peuvent plus pénétrer.

Nous avons fait dans cet appareil de nombreuses expériences, mais nous n'avons pu dissoudre dans LiCl la quantité de lithium correspondant au sous-chlorure. Voici d'ailleurs l'expérience qui a donné les meilleurs résultats :

Dans un creuset d'acier bien sec on place un mélange de 10 grammes de $\text{LiCl} + 2^{\text{gr}},5$ de Li , on place le tout pendant quinze minutes dans un bain de CaCl_2 fondu maintenu à $980-1020^\circ$.

Lorsqu'on ouvre le creuset, on trouve que la majeure partie de Li n'a pas réagi.

$0^{\text{gr}},6085$ ont donné $V(\text{H}) \ 0/760 = 13^{\text{c}},5 \ V(\text{A}) = 1,15$,
on en conclut H en molécule $0,1977$,
pour 100 grammes A en molécule $0,1890$.

Ce résultat montre que A étant sensiblement égal à H on a dans le mélange soit du sous-chlorure, dont la proportion serait dans 100 grammes égale à $0,1890 \times 49,51 = 9,35$, soit, comme nous l'avons dit, un mélange de $\text{Li}_2\text{O} + \text{LiH}$.

Si l'on emploie dans l'expérience précédente une quantité de lithium moins grande, on constate que la proportion de lithium dissoute est encore plus petite et que l'on obtient de 2 à 3 % de Li_2Cl au plus.

Ces expériences montrent en résumé qu'on ne peut préparer le sous-chlorure de lithium pur par la fusion de $\text{Li} + \text{LiCl}$; elles prouvent de plus que, s'il existe, ce composé ne semble se produire qu'en très faible proportion, car la formation et la dissolution d'hydrure de lithium dans le chlorure fondu peuvent facilement donner naissance à des produits de composition voisine de

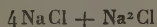
celle du sous-chlorure et être confondu avec lui lorsqu'il n'y en a qu'une faible proportion.

Il est probable que lorsqu'on ne prend pas des précautions extrêmes pour éviter l'humidité, l'eau peut réagir sur le lithium comme nous l'avons déjà indiqué, et ce mélange peut être confondu par ses propriétés avec le sous-chlorure, car l'analyse quantitative n'arrive pas à décider d'une façon absolue la vraie composition. Nous en avons donné un exemple au commencement de ce mémoire.

Nous avons, M. Henry Bassett junior et moi, trouvé des résultats du même ordre dans l'étude de l'action du calcium sur ses sels halogénés⁽¹⁾.

Cette formation d'hydrure se dissolvant dans le chlorure fondu correspondant pourrait expliquer une ancienne expérience de Rose et celles que j'ai citées au congrès de chimie de Berlin de 1903.

En chauffant $\text{Na} + \text{NaCl}$ dans un courant d'hydrogène, on obtient une dissolution partielle du sodium dans le chlorure, variable avec les conditions de l'expérience, mais sans pouvoir dépasser la proportion de 8 %, ce qui correspondrait à un mélange de



ou



Le résultat de Bunsen, qui ne put obtenir le rubidium par électrolyse du chlorure en employant une cathode recouverte par une cloche pleine d'hydrogène, peut s'interpréter également en admettant la formation d'un hydrure au lieu de sous-chlorure admis par Bunsen.

La dissociation de l'hydrure dissous dans le chlorure, dans certaines conditions, peut donner le métal finement divisé, et cela permet de concevoir la formation des colorations bleues des sous-sels de sodium et de potassium et qui seraient dues, comme semblent le montrer des expériences récentes, à de fines particules métalliques⁽²⁾, les conditions de ces colorations étant réglées par les tensions de dissociation des hydrures formés.

1. GUNTZ et H. BASSETT junior, *B. Soc. chimique*, 1906, t. XXXV, p. 403.

2. LOTHAR WOHLER et H. KASARNOWSKI, *Z. Anorg. Chemie*, 1905, t. XLVII, p. 353.

D'ailleurs, cette formation d'hydrure peut se présenter dans une électrolyse quelconque lorsque à la cathode le métal rencontre de l'eau libre ou combinée.



Ces deux résultants, $2MH + M_2O$, se dissolvant dans le chlorure, donnent des produits dont les propriétés sont tout à fait semblables à celles attribuées aux sous-chlorures.

C'est ainsi que si, comme je l'ai vérifié, à du chlorure de lithium fondu on ajoute un oxyde hydraté comme la lithine, il y a production à la cathode, lorsque la densité de courant est convenable, d'hydrure de lithium solide.

La formation d'hydrure se dissolvant dans le bain fondu de soude ou de potasse qu'on électrolyse pourrait expliquer également les perturbations qu'on constate dans ces expériences.

OUVRAGES

REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ PENDANT L'ANNÉE 1906

N. B. — Il n'est pas envoyé d'accusés de réception; la liste des ouvrages reçus, rédigée avec soin, en tient lieu

I — Publications périodiques

- ACIREALE. — Atti e rendiconti dell' Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti. Vol. IV, 1904-1905.
- AMIENS. — Bulletin de la Société linnéenne du Nord de la France. T. XVII, 1904-1905.
- Mémoires. 1903-1904, t. XI.
- Bulletin de la Société industrielle. 1905, t. XLIII, nos 1 à 6; 1906, t. XLIV, nos 1 à 3.
- AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen. Verslagen en Mededeelingen : D. XIV, 1, 2.
- Proceedings... vol. VIII, 1, 2.
- 1^{re} sect., D. II, 2-4.
- 2^e sect., D. I, 1-10; D. II, 1-2; D. III, 1-14; D. IV, 1-9; D. XII, 3-4.
- ANGERS. — Bulletin de la Société d'études scientifiques. T. XXXV, 1905.
- Bulletin de la Société industrielle et agricole. Fasc. 12, 1904.
- ANN ARBOR. — University of Michigan. Annual report. 1905.
- ARCACHON. — Société scientifique. T. VIII, 1904-1905.
- AUTUN. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. 1905, 18^e Bulletin.
- BALE. — Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft. B. XVIII, H. 2-3.
- BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeniging in Nederl.-Indië. D. LXV.
- BELFORT. — Société belfortaine d'émulation. 1906.
- BERGEN. — Museum Aarbog. 1905, 3; 1906, 1, 2.
- Aarsberetning. 1905.
- An Account. Vol. V, nos 11 à 16.
- BERLIN. — Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften. 1905, 39-53; 1906, 1-38.
- BERNE. — Actes de la Société helvétique des sciences naturelles. 1904, 87^e session; 1905, 88^e session; 1906, 89^e session.
- Comptes rendus, 1904, 1905, 1906.
- BESANÇON. — Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. 1905, 1.
- BÉZIERS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1904.
- BONN. — Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1905, 2; 1906, 1.

- BONN. — Sitzungsberichte... 1905, 2; 1906, 1.
- BORDEAUX. — Actes de la Société linnéenne. 6^e série, t. X.
 — Société des sciences physiques et naturelles. Table 1850-1900.
 — Procès-verbaux. 1904-1905; 1905-1906.
 — Cinquantenaire de la Société. 15-16 janvier 1906.
 — Observations pluviométriques. 1904-1905; 1905-1906.
- BOSTON. — Proceedings of the American Academy of arts and sciences.
 T. XLI, 14-35; t. XLII, 1-12.
- BOURG. — Annales de la Société d'émulation et d'agriculture. 1905, 4; 1906,
 1, 2, 3.
 — Bulletin de la Société des naturalistes de l'Ain. 1906, 1, 2.
- BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1905, 83 J.
- BRUNN. — Verhandlungen des naturforschenden Vereins. XLIII, 1904.
 — Bericht der meteorologischen... 1903.
- BRUXELLES. — Bulletin (classe des sciences) de l'Académie royale des sciences,
 des lettres et des beaux-arts de Belgique. 1905, 9-12; 1906, 1-8.
 — Mémoires in-8. 2^e série, t. I, nos 4, 5.
 — Annuaire. 1906.
 — Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique. T. XLII,
 1904-1905, fasc. 3.
- BUENOS-AIRES. — Anales del Museo nacional. T. V.
- CAEN. — Bulletin de la Société linnéenne de Normandie. 5^e série, 1905, vol. IX.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude. T. XVI, 1905; t. XVII,
 1906.
- CARLSRUHE. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. 1905-1906.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de Saône-
 et-Loire. T. XI, nos 7 à 12; t. XII, nos 1 à 8.
- CHICAGO. — Field Museum of Natural history : Publications, vol. III, n^o 7;
 géologie, vol. II, nos 7, 8, 9; vol. III, nos 2, 3, 4; zoologie, vol. VI, vol. VII,
 nos 1, 2, 3.
- CINCINNATI. — Bulletin of the Lloyd library of botany, pharmacy and materia
 medica. Index. Vol. I, 1898-1905.
 — Mycological notes..., nos 19, 20, 21, 22, 23.
- COIRE. — Jahresberichte der naturforschenden Gesellschaft. XLVIII. B.
- COLUMBUS. — Journal de Mycologie de l'Université, nos 80 à 83, 86, 87.
 — The Ohio Naturalist. Vol. VI, nos 3 à 7; vol. VII, nos 1, 2.
- COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskaberne Selskab. Oversigt. 1905, VI;
 1906, I, II, III, IV, V.
 — Mémoires. 7^e série, t. I, nos 4, 5, 6; t. II, nos 5, 6; t. III, n^o 1.
- CRACOVIE. — Bulletin international de l'Académie des sciences :
 — Sciences mathématiques et naturelles. 1905, nos 8-10; 1906, nos 1-3.
 — Philologie, histoire et philosophie. 1905, nos 8-10; 1906, nos 1-3.
 — Catalogue. T. V, nos 1-4.
- DANZIG. — Schriften der naturforschenden Gesellschaft. B. XI, 4.
- ÉPINAL. — Annales de la Société d'émulation des Vosges. 1906.
- ÉVREUX. — Recueil de la Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-
 lettres de l'Eure. T. III, 1905.

FLORENCE. — « Redia » R. Stazione di entomologia agraria. Vol. II, 1904, fasc. 2; vol. III, 1905, fasc. 1.

FRANCFORT-SUR-ODER. — Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen. T. XXIII, 1906:

FRAUENFELD. — Mitteilungen der Thurgauischen naturforschenden Gesellschaft. XVII H.

FRIBOURG. — Berichte der naturforschenden Gesellschaft. B. XVI.

GÈNES. — Atti della Società ligustica di scienze naturali geografiche. Vol. XVI, nos 3, 4; vol. XVII, nos 1, 2.

GENÈVE. — Annuaire du Conservatoire et du jardin botanique de Genève. 9^e année.

GIessen. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Medizinische Abt. B. I, 1906.

GÖRLITZ. — Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft. XXV. B. 1.

GRANVILLE (Ohio). — Bulletin of the Denison Scientific Association. Vol. XIII, nos 2, 3.

GRATZ. — Naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark. 1905.

GRAY. — Bulletin de la Société grayloise d'émulation. T. VIII, 1905.

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of natural Science. Vol. XI, p. 2.

HAMBOURG-JOHANNEUM. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. XIII, 1905.

HARLEM. — Société hollandaise des sciences. T. XI, nos 1-5.

HAVRE (LE). — Bulletin de la Société géologique de Normandie. T. XXV, 1905.

HELSINGFORS. — Meddelanden of geografiska foreningen i Finland. 1904-1906, 7.

— Sällskapet pro Faunä et Florä fennicä :

Acta Societatis in-4. 25-1; 28, 29, 30, 31, 32.

Meddelanden... T. XXVIII, 1901-1902 à t. XXXII, 1905-1906.

Acta Societatis in-8. T. XXIII, 1901-1902; t. XXV, 1903-1904;

t. XXVII et XXVIII, 1905-1906.

— Vetenskaps-Societeten af Finska :

Overtigt... XLVII, 1904-1905.

Bidrag... Nos 61, 62, 63.

Observations météorologiques de la Finlande. 1895-1896.

KANSAS. — Bulletin of the University of Kansas. Vol. III, nos 1-10.

KIEF. — Mémoires de la Société des naturalistes. T. XX, n° 1.

LÂNGRES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de la Haute-Marne. Nos 8 à 12.

LAUSANNE. — Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Nos 154, 155, 156. 1906.

LEIPZIG. — Berichte der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1905, V-VI; 1906, I-V.

— Abhandlungen... B. XXIX, 5-8.

— Mitteilungen des Vereins für Erdkunde. 1905.

— Catalogue de la bibliothèque. 1903, 1-2.

LEVALLOIS-PERRET. — Annales de l'Association des Naturalistes. 1905, 11^e année. Bulletin... 1906, nos 1, 2, 3.

LIÈGE. — Annales de la Société géologique de Belgique. T. XXXII, 1906.

LILLE. — Annales de la Société géologique du Nord de la France. T. XXXIV, 1905.

LIVERPOOL. — Proceedings of the Liverpool biological Society. Vol. XX, 1905-1906.

LOUVAIN. — Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 1905-1906, 1, 2, 3, 4.

— Revue des questions scientifiques. T. IX, 1, 2, 3, 4.

LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg. Archives trimestrielles. 1906, 1-2.

— Société botanique. T. XVI, 1902-1903.

— « Fauna » Verein Luxemburger Naturfreunde. 1905.

LYON. — Actes de la Société linnéenne. 1905, 52.

— Annales de la Société botanique. 1905, 30.

MACON. — Bulletin trimestriel de la Société d'histoire naturelle. 1896, nos 1, 2, 3; 1905, nos 18, 19, 20.

MANCHESTER. — Memoirs of the literary and philosophical Society. Vol. 50, p. 2, 3.

MANILLE. — Ethnological Survey for the Philippine Islands. Vol. II, p. 2, 3; vol. IV, p. 1.

MARSEILLE. — Annales de la Faculté des sciences. T. XV.

— Bulletin de la Société scientifique industrielle. 1905, 1-4.

METZ. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 24^e cahier.

MEXICO. — Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique central. 1902, nos 8, 10, 11; 1905-1906, décembre, janvier, février.

— Institut géologique... N^o 21.

— Paregonas... T. I, nos 9, 10.

— Memorias de la Sociedad científica « Antonio Alzate ». T. XXI, 9-12; t. XXII, 1-6; t. XXIII, 1-4.

MONTAUBAN. — Recueil de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Tarn-et-Garonne. T. XXI, 1905.

MONTBÉLIARD. — Mémoires de la Société d'émulation. 33^e volume.

MONTEVIDEO. — Anales del Museo nacional. Flora Urugaya. T. III, 1.

— Section historique philosophique. T. II, 1, 2.

MOSCOU. — Bulletin de la Société impériale des naturalistes. 1905, 1, 2, 3.

MUNICH. — Mitteilungen der Baierischen botanischen Gesellschaft. Nos 39, 40; B. II, 1, 2.

NANTES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France. T. V, fasc. 4; t. VI, fasc. 1, 2, 3.

NAPLES. — Atti della Reale Accademia di scienze morali e politiche. 36^e vol., 1905.

— Conti Rendi... 1905.

— Bulletin de la Société des naturalistes. T. XIX.

— Annali di Neurologia. Anno XXIII, nos 4, 5, 6; anno XXIV, nos 1, 2, 3, 4.

NEUCHÂTEL. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. 1902-1903, 1903-1904.

— Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie. T. XVI, 1905.

- NEW-YORK. — Transactions of the Academy of sciences. Vol. XVI, 3.
 — Mémoires... Vol. II, 4.
 — New-York public library. 1906.
- NIMES. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1905, T. XXXIII.
- NIORT. — Bulletin de la Société botanique des Deux-Sèvres. 1905, 17^e Bulletin.
- OBERLIN (Ohio). — The Wilson Bulletin, a Quaterly Journal of ornithology. Vol. XII, 4; tables; vol. XIII, 1, 2, 3.
- PARIS. — Bulletin du laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers. T. I, fasc. 6-9.
 — Association française pour l'avancement des sciences. 34^e session. Cherbourg.
 — Bulletin mensuel, N^o 10.
 — Nouvelle série. 1906, 1, 2, 3, 4.
 — Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes (section des sciences). 1904; 1905.
 — Feuille des jeunes naturalistes. Nos 424 à 435.
- PERPIGNAN. — Mémoires de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. 1906, 47^e volume.
- PHILADELPHIE. — Proceedings of the Academy of natural sciences. Vol. LVI, 3; vol. LVII, 1, 2, 3; vol. LVIII, 1.
 — Mémoires... Vol. XIII, p. 1, 2.
- PISE. — Atti della Società toscana di scienze naturali in Pisa. Vol. XXI.
 — Processi-verbali... Vol. XIV, p. 179-227; vol. XV, p. 1-5; vol. XVI, p. 1-18.
- PORTO. — Annaes scientificos da Academia Polytechnica. 1905, vol. I, nos 2, 3, 4.
- PRAGUE. — Sitzungsberichte der königlich-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1884-1904; 1905.
 — Acta Societatis entomologicæ Bohemiæ. 1906, 2, 3.
- PRESBOURG. — Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde. 1904; 1905.
- REIMS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. T. XIV, nos 3, 4.
- RIO-DE-JANEIRO. — Bulletin mensuel de l'Observatoire astronomique et météorologique. 1905, 4-12.
 — Bulletin semestriel du ministère de la marine. Vol. VI, nos 7-12.
 — Bulletin mensuel... Anno IX, n^o 15.
- ROCHESTER. — Academy of Sciences. Vol. IV, p. 149-344.
- ROME. — Atti della reale dei Lincei. Vol. XV, 1^{er} et 2^e semestres, nos 1-12.
 — Dell' Adunanza solenne. 1906.
- ROUEN. — Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles. 1904, 1, 2.
- SAINT-DIÉ. — Bulletin de la Société philomathique vosgienne. 1905-1906.
- SAINT-GALL. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft. 1904.
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Mémoires de l'Académie impériale des sciences. T. XVI, nos 11, 12; t. XVII, nos 1-6.

SAINT-PÉTERSBOURG. — Bulletin... T. XVII, n° 5; t. XVIII, XIX, XX, XXI.

— Archives des sciences biologiques. T. XI, nos 4, 5; t. XII, nos 1, 2, 3.

SASSARI. — Studi Sassari. Anno IV. S. II, fasc. 1, 2, 3.

STOCKHOLM. — Kongliga Svenska Vetenskaps Akademien. T. XXXIX, 6.

— Kongliga Svenska... T. XL, 1, 2, 3, 5; t. XLI, 1, 2, 3, 5.

— Arsbok... 1905.

— Prix Nobel... 1900; 1901; 1902; 1903.

— Arkiv för Botanik. B. V, 1-4; B. VI, 1-2.

— — Kemi, Mineralogi och Geologi. B. II, 2, 3.

— — Matematik. B. II, 3-4; B. III, 1.

— — Zoologi. B. II, 4; B. III, 1, 2.

— Meddelanden... B. I, 2-5.

TOLUCA. — Bulletin météorologique de l'État de Mexico. T. IX, nos 96 à 112.

TOULOUSE. — Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres. 10^e série, t. V.

— Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 1906, 1; table 1900-1905.

— Bulletin de la Station de pisciculture. 1906, 3, 4.

— Bulletin de l'Université. Nos 18, 19.

— Rapport annuel des travaux des Facultés. 1904-1905.

TOURS. — Annales de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire. 1905, t. LXXXV.

TROÏTNOSSOWSK-KIACHTA. — Relation de la Société impériale russe de géographie. T. VII, n° 3.

UPSAL. — Nova acta Regiæ Societatis scientiarum Upsaliensis. Série IV, vol. I, 4.

URBANA. — State laboratory of natural history. Vol. VII, n° 5.

VIENNE. — Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. T. LXXVII, 1905; t. LXXVIII, 1906.

— Almanach... 1904; 1905.

— Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften :

Mathematik. CXIII, 1-10; CXIV, 1-10.

Mineralogie. CXIII, 1-10; CXIV, 1-10.

Physiologie. CXIII, 1-10; CXIV, 1-10.

Chemie. CXIII, 1-10; CXIV, 1-10.

— Verhandlungen der kais. königl. zoologischen und botanischen Gesellschaft in Wien. B. 53, 54, 55.

— Annalen des kais. königl. naturhistorischen Hofmuseums. T. XIX, 1-4; t. XX, 1-3.

— Erdbeben Commission... XXVIII, XXIX, XXX.

WASHINGTON. — Smithsonian Institution. 1904, 1, 2.

— Bureau of Ethnology :

Bulletin... 28, 29, 32.

Annual report... 1901-1902.

WASHINGTON. — Experiment station record (secretary of agriculture). Vol. XVII, 4-12; vol. XVIII, 1-3. Publications. 49, 52.

WIESBADEN. — Nassauischer Verein für Naturkunde. J. LIX.

WINTERTHUR. — Mitteilungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft. H. VI, 1905-1906.

ZURICH. — Naturforschende Gesellschaft. 1905, III, IV; 1906, I.

II — Mémoires originaux

APPELLÖF (Dr A.). — Meersfauna von Bergen. Bergen, 1906, 1 vol. in-8.

Atti del Istituto d'Incoraggiamento di Napoli. Serie Sesta, 1904. Napoli, 1905, 1 vol. in-folio cart.

Caisse des recherches scientifiques. Rapports scientifiques sur les travaux entrepris en 1905. Melun, 1906, 1 vol. in-4.

CARRIÈRE (abbé Z.). — Sur les déformations de l'alliage eutectique plomb-étain et les métaux visqueux (thèse). Toulouse, 1906, 1 vol. in-4.

CHASSIGNOL (Étienne). — Note sur un gui de chêne et un gui de noisetier trouvés à la forêt commune de Pouilloux (Saône-et-Loire). Autun, 1 br. in-8.

Détermination de la latitude et d'un azimuth Oirschot, Utrecht, Sambeck, Wolberg, Harikerberg, Sleen, Schoorl, Zierikzée, Terschelling (phare Brandaris). Ameland, Leeuwarden, Urk et Groningue. Delft, 1904, 1 vol. in-4 cart.

DROUET (J.). — Catalogue de la bibliothèque de la Société lorraine de photographie. Nancy, 1906, 1 vol. in-8.

GRAND'EURY. — Sur les graines de *Sphenopteris*, sur l'attribution des *Codonospermum* et sur l'extrême variété des « graines de fougères ». Paris, 1905, 1 plaq. in-4.

GRAND'EURY. — Sur les inflorescences des fougères à graines du culm et du terrain houiller. Paris, 1906, 1 plaq. in-4.

GRAND'EURY. — Sur les graines et inflorescences des *Coleopteris* Br. Paris, 1906, 1 plaq. in-4.

GRAND'EURY. — Sur les mutations de quelques plantes fossiles du terrain houiller. Paris, 1906, 1 plaq. in-4.

GRÉLOT (P.). — Sur la dissimulation de l'iode en présence de matières sucrées. Paris, 1906, 1 plaq. in-8.

GRÉLOT (P.). — Sur la falsification des pâtes dites boules de gomme. Paris, 1906, 1 plaq. in-8.

IDRAC (Louis). — Le diagnostic clinique de la paralysie générale juvénile (thèse de doctorat). Toulouse, 1906, 1 vol. in-8.

KOSTLIVY (Stanislas). — Untersuchungen über die klimatischen Verhältnisse von Beirut, Syrien. Prag. 1905, 1 vol. in-8.

MARX (F. A.). — L'éther, principe universel des forces. 3 vol. in-folio.

NICKLÈS (R.). — V. de Lespinats. Nécrologie. Paris, 1906, 1 plaq. in-8.

— Sur la découverte de la houille à Abaucourt (Meurthe-et-Moselle). Paris, 1905, 1 br. in-4.

Notice sur la vie et les travaux de F. A. Marx, inspecteur général des ponts et chaussées. 1822-1903. Paris, 1 br. in-8.

VERBECK (R. D. M.). — Description géologique de l'île d'Ambon (texte et atlas). Batavia, 1905. 2 vol. in-8 et in-folio cartonné.

SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

Sociétés françaises

- AMIENS. — Société linnéenne du nord de la France.
— Société industrielle.
- ANGERS. — Société d'études scientifiques.
— Société industrielle et agricole d'Angers et du département de Maine-et-Loire.
- ARCACHON. — Société scientifique.
- AUTUN. — Société des sciences naturelles.
- BELFORT. — Société belfortaine d'émulation.
- BESANÇON. — Société d'émulation du Doubs.
— Société d'histoire naturelle du Doubs.
- BÉZIERS. — Société d'études des sciences naturelles.
- BORDEAUX. — Société linnéenne.
— Société des sciences physiques et naturelles.
- BOURG. — Société d'émulation et d'agriculture.
— Société des naturalistes de l'Ain.
- CAEN. — Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres.
— Société linnéenne de Normandie.
- CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude.
- CHALON-SUR-SAÔNE. — Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.
- CHARLEVILLE. — Société d'histoire naturelle des Ardennes.
- CHERBOURG. — Société nationale des sciences naturelles.
- ÉPINAL. — Société d'émulation du département des Vosges.
- ÉVREUX. — Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure.
- GRAY. — Société grayloise d'émulation.
- GUÉRET. — Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse.
- HAVRE (Le). — Société géologique de Normandie.
- LANGRES. — Société des sciences naturelles de la Haute-Marne.
- LEVALLOIS-PERRET. — Association des naturalistes.
- LILLE. — Société géologique du Nord.
- LYON. — Société linnéenne (Palais des Arts, place des Terreaux).
— Société botanique.
- MACON. — Société d'histoire naturelle.
- MARSEILLE. — Société scientifique industrielle.
— Annales de la Faculté des sciences.

- MONTAUBAN. — Académie des sciences, lettres et arts de Tarn-et-Garonne.
 MONTBÉLIARD. — Société d'émulation.
 MONTPELLIER. — Académie des sciences et lettres (Section des sciences).
 NANCY. — Académie de Stanislas.
 — Société de médecine.
 — Société de géographie de l'Est.
 — Commission météorologique du département de Meurthe-et-Moselle.
 — Société lorraine de photographie.
 — Société industrielle de l'Est.
 NANTES. — Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France.
 NIMES. — Société d'études des sciences naturelles.
 NIORT. — Société botanique des Deux-Sèvres.
 PARIS. — Académie des sciences. (A l'Institut, 23, quai de Conti.)
 — Association française pour l'avancement des sciences. (28, r. Serpente.)
 — Comité ornithologique international. (61, rue Cuvier.)
 — Laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers. (292, rue Saint-Martin.)
 — La Feuille des Jeunes Naturalistes. (35, rue Pierre-Charron.)
 — Muséum d'histoire naturelle. (Jardin des plantes, rue Cuvier.)
 — Bibliothèque universitaire de la Sorbonne. (A la Sorbonne.)
 PERPIGNAN. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.
 REIMS. — Société d'étude des sciences naturelles.
 ROUEN. — Société des Amis des sciences naturelles.
 SAINT-DIÉ. — Société philomathique vosgienne.
 TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres.
 — Université.
 — Société d'histoire naturelle.
 TOURS. — Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire.
 VERDUN. — Société philomathique de Verdun.
 VERSAILLES. — Société des sciences naturelles et médicales de Seine-et-Oise.
 VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des sciences et arts.

Sociétés étrangères

- ACIREALE. — Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti.
 ALBUQUERQUE. — University of New Mexico.
 AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen (Académie royale des sciences).
 ANN ARBOR. — University of Michigan.
 BALE. — Naturforschende Gesellschaft.
 BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeniging in Nederl.-Indië.
 BERGEN. — Bergens museums Aarbog.
 BERLIN. — Königl.-Preussische Akademie der Wissenschaften.
 BERNE. — Naturforschende Gesellschaft.
 — Schweizerische naturforschende Gesellschaft.

BONN. — Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westfalens.

— Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

BOSTON (Massachusetts). — American Academy of Arts and Sciences.

BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.

BRUNN. — Naturforschender Verein.

BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.

— Société royale de botanique de Belgique.

BUCAREST. — Institut météorologique de Roumanie.

BUENOS-AIRES. — Museo nacional.

BUFFALO. — Society of natural sciences.

CARLSRUHE. — Naturwissenschaftlicher Verein.

CHEMNITZ (Saxe). — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.

CHICAGO. — Field Museum of Natural History.

CINCINNATI. — Lloyd library of botany, pharmacy and materia medica.

COIRE. — Naturforschende Gesellschaft Graubündens.

COLMAR. — Société d'histoire naturelle.

COLUMBUS (Ohio). — Journal de Mycologie de l'Université.

COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskabernes selskabs (Académie royale danoise des sciences).

COSTA-RICA. — Museo nacional de Costa-Rica.

CRACOVIE. — Académie des sciences.

DANZIG. — Naturforschende Gesellschaft.

DAYENPORT. — Academy of natural sciences.

DORPAT. — Université.

FLORENCE. — R. Stazione di entomologia agraria.

FRANCFORT-SUR-ODER. — Naturwissenschaftlicher Verein.

FRAUENFELD. — Thurgauische naturforschende Gesellschaft.

FRIBOURG. — Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau (grand-duché de Bade).

GÈNES. — Società ligustica di scienze naturali e geografiche.

GENÈVE. — Jardin botanique.

GIESSEN. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

GOERLITZ (Silésie). — Naturforschende Gesellschaft.

GOTHEMBOURG. — Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles handlingar.

GRANVILLE (Ohio). — Denison scientific Association.

GRATZ. — Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.

HALIFAX. — Institute of natural science.

HAMBOURG-JOHANNEUM. — Wissenschaftlicher Verein.

HARLEM. — Société hollandaise des sciences.

HELSINGFORS. — Vetenskaps-Societetens af Finska (Société des sciences de la Finlande).

— Sällskapets pro Faunä et Florä fennicä (Société pour la faune et la flore de la Finlande).

— Geografiska föreningen i Finland.

INSBRUCK. — Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg.

- KANSAS. — Kansas university quaterly.
- KHARKOFF. — Société des sciences physico-chimiques (Université).
- KIEW. — Société des Naturalistes attachés à l'Université impériale de Saint-Wladimir, à Kiew.
- LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles.
- LEIPZIG. — Königl. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften.
— Verein für Erdkunde.
- LIÈGE. — Société géologique de Belgique.
— Société royale des sciences.
- LIVERPOOL. — Biological Society.
- LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles. (11, rue des Récollets).
- LUCERNE. — Naturforschende Gesellschaft.
- LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg (Section des sciences naturelles et mathématiques).
— « Fauna », Verein für Luxemburger Naturfreunde.
— Société botanique.
- MADISON. — Wisconsin Academy of sciences, arts and letters.
- MALAGA. — Sociedad de ciencias físicas y naturales.
- MANCHESTER. — Litterary and philosophical Society.
- MANILLE. — Ethnological Survey for the philippines Islands.
- METZ. — Société d'histoire naturelle.
- MEXICO. — Sociedad científica Antonio Alzate. (Palma, 13.)
— Observatoire météorologique de Tacubaya.
- MONTEVIDEO. — Museo nacional.
- MOSCOU. — Société impériale des naturalistes.
- MUNICH. — Bayerische botanische Gesellschaft.
- MUNSTER. — Westfälischer Provinzial Verein für Wissenschaft und Kunst.
- NAPLES. — Accademia reale di scienze morali e politiche.
— Società di naturalisti.
— Annali di Neurologia.
- NEUCHÂTEL. — Société des sciences naturelles (Suisse).
— Société neuchâteloise de géographie.
- NEW-YORK. — Academy of sciences.
— New-York public library.
- OBERLIN (Ohio). — The quaterly journal of ornithology.
- OFFENBACH. — Verein für Naturkunde in Offenbach am Main.
- OSNABRUCK. — Wissenschaftlicher Verein.
- PHILADELPHIE. — Academy of natural sciences of Philadelphia (Pensylvanie).
- PISE. — Società toscana di scienze naturali.
- PORTICI. — Annali della Regia scuola superiori di agricoltura.
- PORTO. — Academia polytechnica.
- PRAGUE. — Königl. Böhmishe Gesellschaft der Wissenschaften in Prag.
— Societas entomologica Bohemiæ.
- PRESBOURG. — Verein für Natur- und Heilkunde.
- RIO-DE-JANEIRO. — Observatoire astronomique et météorologique.
— Museo Nacional.
- ROME. — Accademia reale dei Lincei.

- SAINT-GALL. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- SAINT-LOUIS (Missouri). — Academy of sciences.
— Missouri botanical Garden.
- SAINT-PÉTERSBOURG. — Académie impériale des sciences.
— Comité géologique (Institut des Mines).
— Institut de médecine expérimentale.
- SAN-FRANCISCO. — Academy of sciences of California.
- SASSARI. — Studi Sassari.
- SION (Suisse). — Société Murithienne du Valais.
- STOCKHOLM. — Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens (Académie royale suédoise des sciences).
- TOLUCA (Mexique). — Service météorologique de l'État de Mexico.
- TROÏTNOSSOWSK-KIACHTA. — Société impériale russe de géographie (Sibérie occidentale).
- UPSAL. — Regia societas scientiarum Upsaliensis.
- URBANA (Illinois). — State laboratory of natural history.
- VIENNE. — Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien (mathemat. u. wissenschaftliche Abt.).
— Kaiserl.-Königl. naturhistorisches Hofmuseum.
— Kaiserl.-Königl. zoologische und botanische Gesellschaft.
- WASHINGTON (D. C. U. S. A.). — Smithsonian Institution.
— Bureau of Ethnology.
— Experiment station record (secretary of agriculture).
- WIESBADEN. — Nassauischer Verein für Naturkunde.
- WINTERTHUR. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
- ZAGRA. — Societas historico-naturalis croatica.
- ZURICH. — Naturforschende Gesellschaft.

TABLE DES MATIÈRES

ANNÉE 1906 — SÉRIE III, TOME VII, FASCICULES I, II, III

	Pages
Bureau et conseil d'administration.	v
Liste des membres de la Société.	v

I — PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES	XI
--	----

II — MÉMOIRES ORIGINAUX

Un organe globuligène chez les Stomatopodes. Note préliminaire, par M. L. BRUNTZ.	1
Flore du vieux hêtre de Parigoutte, par le Dr PAQUY	4
Dessins représentatifs sur os de la station préhistorique de Sierentz (Haute-Alsace), par M. Mathieu MIEG	9
Sur quelques nouveautés de la flore lorraine, par M. PETITMENGIN. . .	17
Les repeuplements en Écrevisses, par M. DE DROUIN DE BOUVILLE . . .	28
L'été de la Saint-Martin à Nancy, par C. MILLOT	135
Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté, par P. FLICHE. .	68
Note sur la détermination du courant qui a amené les éléments d'un conglomérat, par E. NOËL	143
A propos des <i>Isatis Djurdjuræ</i> Coss. et Dur. et <i>I. Alpina</i> Will. (All.), par M. PETITMENGIN	159
Étude des champignons récoltés en Asie Mineure (1904), par René MAIRE	165
L'Hylésine polygraphe et les épiceas de Lorraine, par M. E. HENRY. .	189
La forêt accumulatrice d'azote, par M. E. HENRY	197
Contributions à la flore de Lorraine et des Vosges, par M. E. PETIT- MENGIN	212
Dessins représentatifs sur os de la station préhistorique de Sierentz (Haute-Alsace), par M. Mathieu MIEG. Réponse à M. Marcellin Boule. .	215

	Pages
Sur l'existence de <i>Psiloceras planorbe</i> dans la région de Vitrey (Haute-Marne), par René NICKLÈS	218
Sur la préparation du baryum, par M. A. GUNTZ	222
Sur la dissolution de l'hydrure de lithium dans le chlorure de lithium fondu, par M. A. GUNTZ	234
Nécrologie	133
Ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1906.	243
Sociétés correspondantes.	250



LA VÉRITABLE NATURE

DES

FRONTALDRÜSEN DES CAPRELLIDES

Par M. L. BRUNTZ

En 1878, Gamroth a signalé, chez les Caprellides (*Caprella æquilibra*), des organes frontaux, qu'il a considérés comme des organes des sens. D'après cet auteur, ces organes sont pairs et disposés dans la tête, derrière le lieu d'origine des antennes supérieures. Ils affectent la forme de coupes et sont constitués par un groupe de cellules cylindriques. Des ganglions sus-œsophagiens, s'échappent de petites fibres nerveuses qui se divisent et contractent des relations avec les cellules des organes frontaux; c'est ce fait qui permet à Gamroth d'émettre l'idée que les organes frontaux étaient des organes des sens.

Mais, en 1880, Haller rapporte n'avoir pas retrouvé, ni chez les Caprellides, ni chez les Gammarides, les organes frontaux décrits par Gamroth. Il a cependant aperçu, non loin de l'endroit où cet auteur place ces organes, des amas composés de quelques grosses cellules. Quant aux fibres nerveuses décrites par Gamroth, ce sont des ligaments conjonctifs accompagnés de cellules pigmentaires.

De nouveau, en 1882, Mayer, dans une belle étude monographique des Caprellides, retrouve chez tous les Amphipodes (sauf les Hypérines), et à la même place, les organes décrits par Gamroth; il les nomme glandes frontales.

Mayer fait remarquer qu'il existe quelques variations d'emplacement de ces glandes suivant les espèces considérées. Sa description est courte : on remarque, à chaque organe, un conduit revêtu de chitine et dont la lumière présente successivement des étranglements et des élargissements. Il débouche sur les téguments et l'ouverture arrondie est généralement dentelée. La glande affecte une forme allongée, elle est plus développée chez les jeunes que chez les adultes et l'on peut généralement mettre les cellules en évidence à l'aide de l'acide acétique. Dans sa partie antérieure la glande est recouverte par des cellules arrondies qui ne contractent pas avec elle de relations plus étroites. L'auteur se convainc encore de la nature glandulaire de ces organes par ce fait : après fixation, il remarque un contenu coagulé qui paraît représenter le produit d'activité glandulaire. Quant aux fibres décrites par les deux auteurs précédents, Mayer les retrouve, mais il ne peut décider si elles sont de nature conjonctive ou nerveuse.

Récemment, à la station maritime de Roscoff, j'ai pu me procurer un certain nombre d'exemplaires de *Protella phasma* Sp. Bate, dont l'étude m'a permis de reconnaître la véritable nature des organes en question. Sur des coupes transversales sérieuses, j'ai constaté qu'il existe normalement, et disposées symétriquement de chaque côté de la partie antérieure de la tête, deux invaginations des téguments. Elles sont placées en avant et au-dessus des yeux, en arrière du point d'origine des antennes de la première paire. Ces invaginations se dirigent obliquement en arrière vers la face ventrale et vers le plan médian de la tête. Elles sont courtes et plus ou moins renflées en forme de poires, elles se rapprochent l'une de l'autre et sont réunies par des fibres conjonctives.

Les invaginations sont formées par la chitine et l'épiderme tégumentaire. Mais la chitine apparaît sous forme de couches chiffonnées se colorant plus intensivement dans la partie centrale, comme le fait se présente souvent pour les couches chitineuses les plus externes.

J'ai pu constater, sur plusieurs coupes, que l'épithélium des téguments se continuait autour des invaginations de chitine et, du moins dans la partie la plus externe, les noyaux cellulaires présentent les mêmes caractères que ceux des cellules épithéliales des téguments. Plus intérieurement, on rencontre des noyaux

de forme sphérique, de taille plus grande et moins colorables : ce sont ces éléments que Mayer a pu considérer comme des noyaux de cellules glandulaires qui n'existent pas. Et, chez les Isopodes, j'ai retrouvé des variations analogues des noyaux des cellules épithéliales, à l'extrémité d'invaginations tégumentaires servant de bases à des insertions musculaires.

Les invaginations que je viens de décrire soutiennent, par l'intermédiaire de fibres conjonctives, l'aorte et les ganglions nerveux sus-œsophagiens.

Autour de ces invaginations, et supportées également par des fibres de soutien, on trouve des formations lymphoïdes, lieu d'origine des globules sanguins des adultes. Ces organes globuligènes, plus ou moins développés suivant les individus, sont formés par de petites cellules ovoïdes plus ou moins allongées, quelquefois serrées les unes contre les autres, quelquefois laissant entre elles des lacunes dans lesquelles circule le sang. Le cytoplasme est dense et se colore très intensivement ; les noyaux, de forme sphérique, sont relativement gros et présentent également une grande aptitude à se colorer. On rencontre souvent de ces jeunes cellules en voie de division indirecte : ce fait et la facilité avec laquelle on trouve de jeunes globules sanguins qui s'échappent de ces formations lymphoïdes, pour tomber dans la cavité générale, affirment la nature globuligène des organes considérés.

SUR L'EXISTENCE
DE
FORMATIONS LYMPHOÏDES GLOBULIGÈNES
CHEZ LES GAMMARIDES

Par M. L. BRUNTZ

Dans une note publiée dans le cours de la dernière année scolaire (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie*, t. LX, p. 134), j'avais rapporté que les globules sanguins des Gammaridés (Crevettines) se régénéraient, chez les adultes, par division directe de globules en voie d'évolution et par division indirecte de jeunes globules circulants.

J'avais déjà été frappé par le petit nombre de mitoses trouvées sur des préparations de sang ; ce fait s'explique par la présence, chez les Gammarides, de formations globuligènes que je viens de découvrir récemment. La division des globules circulants n'apparaît donc plus que comme un procédé accessoire de régénération.

J'ai trouvé des formations globuligènes semblables et semblablement disposées chez une forme d'eau douce abondante dans les environs de Nancy : *Gammarus pulex* L., et une forme marine facile à se procurer à Roscoff : *Talitrus locusta* Latr.

Dans ces deux espèces, l'organe globuligène est disposé dans l'angle dièdre formant le bord antérieur de la tête ; il s'étend dans la partie médiane de cette région du corps, entre les deux yeux, au-dessus du point d'origine des antennes de la première

paire. Par sa face antérieure, l'organe globuligène est en rapport avec l'épiderme des téguments, par sa face postérieure, avec une masse importante de tissu conjonctif adipeux et glandulaire.

Au point de vue histologique, l'organe globuligène est formé par deux petits amas de tissu lymphoïde qui se fusionnent dans la partie médiane de cette région du corps. Ce tissu lymphoïde est formé par des cellules ovoïdes plus ou moins allongées et plus ou moins déformées par pression réciproque dans les régions les plus denses de l'organe. Entre les cellules, dans les régions moins denses, il existe des lacunes dans lesquelles le sang peut circuler. Ces éléments constitutifs présentent tous les caractères de cellules jeunes, ils possèdent un cytoplasme dense et fortement colorable. Les noyaux cellulaires sont relativement gros, de forme sphérique ou ovoïde et se colorent également d'une manière intensive. De nombreuses cellules se laissent souvent reconnaître en voie de division indirecte.

Les cellules lymphoïdes sont maintenues en place par des fibres formées par des cellules épithéliales allongées et par d'autres fibres qui se montrent en continuité avec le tissu adipeux. A travers les mailles de ce réseau s'échappent de jeunes cellules qui présentent tous les caractères des globules sanguins au premier stade de leur évolution.

Les formations lymphoïdes des Gammarides sont donc complètement homologues aux formations lymphoïdes que j'ai découvertes chez les Caprellides (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie de Nancy*, 22 novembre 1906).

SUR L'EXISTENCE
D'ORGANES GLOBULIGÈNES
CHEZ LES ISOPODES

Par M. L. BRUNTZ

A la suite d'études entreprises l'an dernier, j'avais pensé que, chez les Crustacés Arthrostacés adultes, les globules sanguins se multipliaient par division directe de globules en voie d'évolution et par division indirecte de jeunes globules circulants. Mais, ayant récemment découvert des formations lymphoïdes, lieu d'origine des globules sanguins, chez les Caprellides et chez les Gamma-rides, j'ai été conduit à rechercher s'il n'existait pas également, chez les Isopodes, des organes globuligènes analogues à ceux des Amphipodes.

Mes recherches ont porté sur des formes terrestres, les Cloportes (*Oniscus murarius* Brandt), des formes d'eau douce, les Aselles (*Asellus vulgaris* Latreille), des formes marines, les Ligies (*Ligia oceanica* Fabr.) et les Ancées (*Anceus Halidaii* Sp. Bate et Westwood).

Chez les Ligies et chez les Cloportes, il existe trois paires d'organes globuligènes disposés symétriquement dans les deux derniers anneaux thoraciques (6^e et 7^e) et le premier anneau abdominal. Bien que ces organes présentent un développement variable suivant les individus, il semble que la dernière paire soit toujours plus réduite que les deux autres.

Chez les Ancées, la première paire thoracique d'organes globuligènes manque, tandis que chez les Aselles, c'est la dernière

paire d'organes globuligènes abdominaux qui est absente. Ces faits sont probablement la conséquence des grandes variations morphologiques présentées par ces espèces et il semble bien que, normalement, les Isopodes possèdent, comme les Cloportes et les Ligies, trois paires d'organes globuligènes.

Ces organes globuligènes sont formés par un petit nombre d'îlots cellulaires assez difficiles à décomposer les uns des autres. Ces îlots sont supportés et maintenus en place par des fibres conjonctives en continuité avec le tissu adipeux ou s'attachant au septum péricardique.

Chez les Cloportides, les organes globuligènes sont en rapport, par leur face supérieure, avec cette membrane ; par leur face inférieure, ils sont en rapport avec les glandes génitales, pour les amas thoraciques, avec les tubes hépatiques, pour les amas abdominaux.

Chez les Aselles, les organes globuligènes présentent les mêmes rapports, mais ils sont très souvent comprimés entre les cellules à concrétions dites glandes de Zenker.

Chez les Ancées, les organes globuligènes sont en rapport, par leur face supérieure, avec les néphrocytes à carminate qui remplissent latéralement le sinus péricardique, par leur face inférieure, avec les sacs hépatiques ou le tissu conjonctif.

Quant à la structure histologique de ces organes, elle est analogue à celle décrite pour les mêmes organes des Amphipodes. Les nodules sont formés de petites cellules de forme sphérique ; ces dernières sont plus ou moins serrées ou plus ou moins séparées les unes des autres suivant l'endroit de l'organe examiné. Ces cellules présentent un cytoplasme dense finement granuleux et possédant beaucoup d'affinité pour les colorants ; les noyaux sont gros et très chromatiques. De nombreuses cellules, tant au centre qu'à la périphérie des organes, se montrent souvent en voie de division indirecte. Il n'est pas rare non plus de trouver des cellules, présentant tous les caractères de jeunes globules sanguins, qui s'échappent des organes globuligènes pour être entraînées par le sang veineux du sinus ventral.

SUR QUELQUES

PRIMEVÈRES ET ANDROSACES CHINOISES

Par M. PETITMENGIN

Dans la si substantielle monographie des Primulacées parue dans le *Pflanzenreich* du professeur Engler, l'auteur, le Dr Pax, *op. cit.*, p. 118, n° 165, considère comme synonymes les *Primula argutidens* Franchet et *Primula amethystina* Franchet. Or, ayant eu en communication, grâce à l'aimable bienveillance de M. le professeur Lecomte et de M. Gagnepain, les *Primula* du Muséum, entre autres beaucoup des types de Franchet, je fus surpris de remarquer la différence si nette, à toute première vue, qui existe entre ces deux espèces si distinctes et que Pax considère, à tort ce me semble, comme n'en formant qu'une.

Leur étude minutieuse m'a prouvé que Franchet avait eu grandement raison de les séparer. Je reproduis ici, à titre documentaire, les diagnoses princeps de nos deux Primevères :

Primula argutidens Franchet
in *Journal de botanique de Morot*,
1895, p. 451.

« *Folia crassiuscula, subcoriacea, linea alba cartilaginea marginata, limbo ovato vel ovato-oblongo, e medio remote dentato, dentibus parvis, argutis, inæqualibus, inferne integerrimo in pétioleum latum attenuato; scapus foliis 1-3 plo. longior, floribus paucis (circiter 4), cernuis; brac-*

Primula amethystina Franchet, in *Bull. Soc. Bot. de France*, 1885, p. 268 (groupe des *Aleuritia* Duby).

« *Rhizoma breve, haud crassum. Planta glaberrima, efarinosa. Folia firmiter papyracea, ovato-oblonga, in petiolum alatum brevem attenuata, e medio ad apicem subtilissime denticulata, dentibus callosis; pedunculus foliis 2-3 plo. longior; bractæ*

tex lanceolatæ, acutæ, basi non calcatæ, pedicellis longiores; pedicelli brevissimi (1-3 mm.); calyx crassus, breviter campanulatus, 4 mm. longus, glaber, lobis ovatis vel ovato-lanceolatis, obtusis vel vix acutis 1. Corolla violacea, tubo calycem æquante, exinde sensim ampliata in limbum infundibuliformem, vix 1 cent. diam., lobis bilobulatis cum dente interjecto.

« Folia 2-4 cm, longa; scapus 6-10 cm. »

« C'est une espèce bien caractérisée, parmi celles qui appartiennent à la flore de Chine, par ses feuilles coriaces bordées d'une ligne blanche cartilagineuse et de petites dents très aiguës; les fleurs sont presque sessiles, penchées comme celles du *P. sapphirina*, mais plus grandes, le calice et les feuilles rappellent aussi cette dernière espèce. »

parvæ ovato-lanceolatæ, acutæ, basi liberæ, nec gibbæ, nec productæ. Flores 3-6 umbellati, vix ultra 15 mm. longi; pedicelli bracteis 2-4 plo. longiores; calyx aperto-campanulatus, ad medium quinquelobus, lobis ovatis vel ovato-lanceolatis; corolla amethystea, tubo calycem non excedente; limbo subinfundibuliformi, lobis integris vel vix emarginatis, capsula ovata, calycem subæquans.

« Folia pollicaria vel paulo ultra; calyx 4 mm., corollæ apertæ diam. 12 mm. » (Dalavay, n° 108.)

« Feuilles assez semblables à celles du *Bellis perennis*; fleur du *Pr. Kingii*, à côté duquel le *Pr. amethystina* doit être placé. Il en diffère par ses feuilles plus courtes, à pétioles peu ou pas dilatés, parfois presque nuls; par ses pédicelles glabres, ainsi que la corolle. »

Il ressort, de la comparaison du texte de ces deux diagnoses, des différences notables, suffisantes pour isoler nos deux espèces confondues par le savant monographe allemand qui, peut-être, n'a pas eu en mains ces deux types spécifiques eux-mêmes. Mais, ayant pu étudier ces deux *Primula*, je vais donner, dans les lignes qui suivent, le résultat de mes recherches qui confirment l'opinion émise par Franchet à leur sujet.

***Primula amethystina* Franchet.**

Fleurs grandes, pourpres-violacées, 3 à 9, en ombelle terminale pourvue à sa base de 6-9 bractées libres jusqu'à la base, étroitement linéaires-lancéolées.

Pédicelles longs, 1,5-2 centimètres.

Corolle de 1^{cm} à 1^{cm},5 de large sur 1^{cm},5 de haut. Pétales arrondis au sommet ou incisés-mucronés. Calice de 8 millimètres à sépales *crénelés*, arrondis, pourvus de dents à leur sommet,

d'autres fois entiers, ovales-lancéolés, libres jusqu'au tiers de leur longueur.

Feuilles ovales, régulièrement dentées, à limbe un peu replié sur les bords, concolores, à limbe décurrent jusqu'à la base; feuilles toutes radicales, en rosettes denses.



Inflorescence
(Grandeur naturelle)



Coupe longitudinale de la corolle
(Grossie 2 fois et étalée)



Cycle staminal
(Grossi 2 fois)



Extrémité libre des pétales



Calice, grossi 8 fois



Primula argutidens Franchet.

Fleurs petites, d'un violet livide (sur les échantillons), 2 à 4, en ombelle dense, étriquée, 4 bractées libres jusqu'à la base, lancéolées, plus larges que dans l'espèce précédente.

Pédicelles courts ne dépassant pas les bractées.

Corolle de 8 millimètres à 1 centimètre de large au maximum, sur 1 centimètre de haut; pétales émarginés, échancrés au sommet, mucronés.

Calice de 5 millimètres, à sépales entiers, ovales-lancéolés dans leur partie libre, qui équivaut à la moitié du calice, lavé de pourpre.

Feuilles ovales-lancéolées, beaucoup plus étroites que précé-

demment, à dents inégales, surtout vers l'extrémité de la feuille. Limbe très fortement décurrent en un pétiole largement ailé.



Inflorescence

(Grandeur naturelle)

Coupe longitudinale
de la corolle

(Grossie 2 fois et étalée)

Portion du cycle
staminal

(Grossi 80 fois)



Calice

(Grossi 10 fois)

L'examen des figures aussi bien que des différents textes, émanant de personnes diverses, montre suffisamment la diversité de ces deux espèces.

Je reproduis ici la figure donnée par Pax dans sa Monographie (*Pflanzenreich* du professeur Engler, p. 119, fig. 33 C et D). Je ne donne que l'inflorescence et le dessin d'une fleur.



C



D

Ces figures correspondent bien au *Primula argutidens* Franchet, mais ne donnent en aucune façon l'image du *Primula amethystina* Franchet.

Il demeure donc établi que les deux espèces distinguées et décrites par le regretté M. Franchet subsistent dans leur intégrité et qu'elles ne sont nullement synonymes comme l'indique Pax.

Primula begoniiformis Petitmengin.

Species Primulæ obconicæ Hance et *Pr. Listeri* King, *affinis et media*; *ab illis differt* :

Umbellis paucifloris (3-6) [2-3 *Pr. Listeri*] (9-13 *Pr. obconica*).

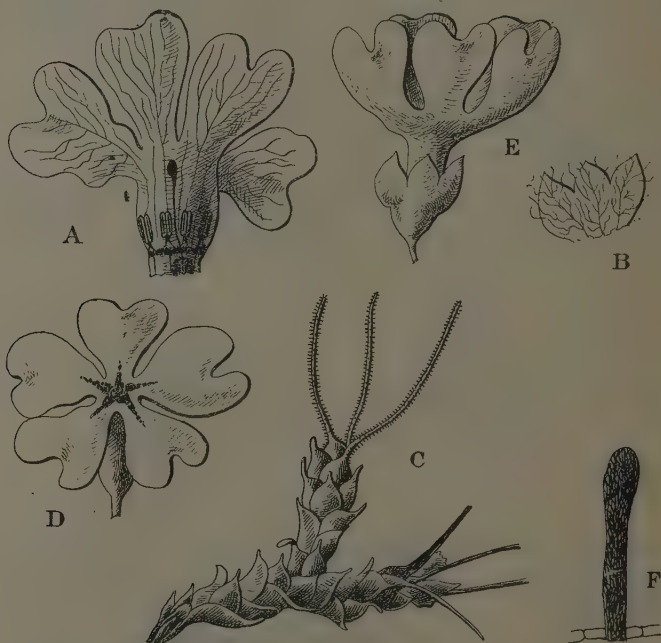
Pedicellis gracilioribus, floribus majoribus. Corolla magna, tubo brevior, limbo valde longiore (2 cm. lato, 1-1 cm. 5 longo) staminibus in fauce constricta insertis.

Calycis dentibus multo brevioribus.

Foliis rhomboïdalibus, inciso-serratis, lobis acutis, basi cordatis.

Petiolo longo basi in vaginam amplexicaulem, purpuream folio exoleta persistentem, dilatato. Rhizomate ramoso, fragili, vaginis coriaceis, persistentibus squamoso.

I *Primula begoniiformis* Petitmengin



A Coupe longitudinale de la fleur;
B Calice;
C Souche montrant les restes squamiformes des anciens pétioles imbriqués;
D Corolle vue d'en haut;
E Corolle vue de côté.

Espèce voisine du *Primula obconica* Hance et du *Pr. Listeri* King dont elle diffère :

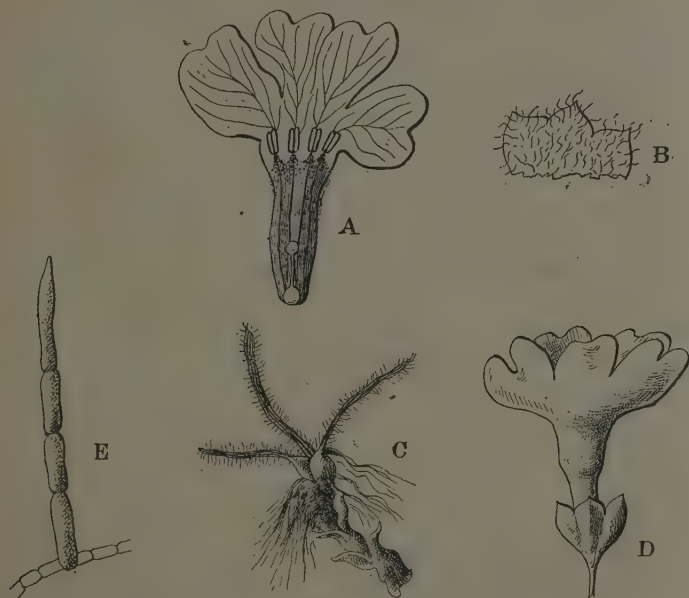
Par ses ombelles pauciflores, 3-6 fleurs (9-13 dans *P. obconica*),
pédicelles plus grêles, fleurs plus grandes;

Par sa corolle surbaissée, à tube court, à limbe beaucoup plus grand (2 centimètres de large sur 1 centimètre à 1^{cm},5 de haut) [fig. 1 E, fig. 2 D];

Par un bourrelet inférieur sur lequel sont insérées les étamines (fig. 1 A, fig. 2 A);

Par son calice à lobes beaucoup moins profondément échancrés (fig. 1 B et fig. 2 B);

II *Primula oboonica* Hance



A Coupe longitudinale de la fleur ;
 B Calice ;
 C Souche ne portant que des fibres, restes des pétioles, mais n'ayant pas trace de squames ;
 D Corolle vue de côté ;
 E Poil articulé de la tige et des pétioles.

Par ses feuilles rhomboïdales, incisées-dentées, à lobes aigus, en cœur à la base et munie d'un long pétiole ;

Par la base de ses pétioles *très fortement dilatés en gaines persistantes* après la chute des feuilles, *rouges-orcanette*, coriaces, formant, par leur étroite imbrication, un revêtement spécial à la souche qui disparaît sous leurs squames. Souche bifurquée, fragile (fig. 1 C).

Plante d'aspect *glabre*, à feuilles luisantes. -- Tout l'appareil végétatif est couvert de poils *très courts*, dont la *membrane présente des ornements réticulés spéciales*, alors que le *Primula obconica* Hance est fortement velu, que les poils y sont très longs, à *plusieurs articles allongés, sans aucune sculpture de la paroi* (voir les fig. 1 F et 2 E).

Fleurs roses ou violacées.

Rochers du Tsang-Chon, au-dessus de Tali. Province du Yunnan, 31 mars 1883 (abbé Delavay, herbier du Muséum de Paris, n° 307).

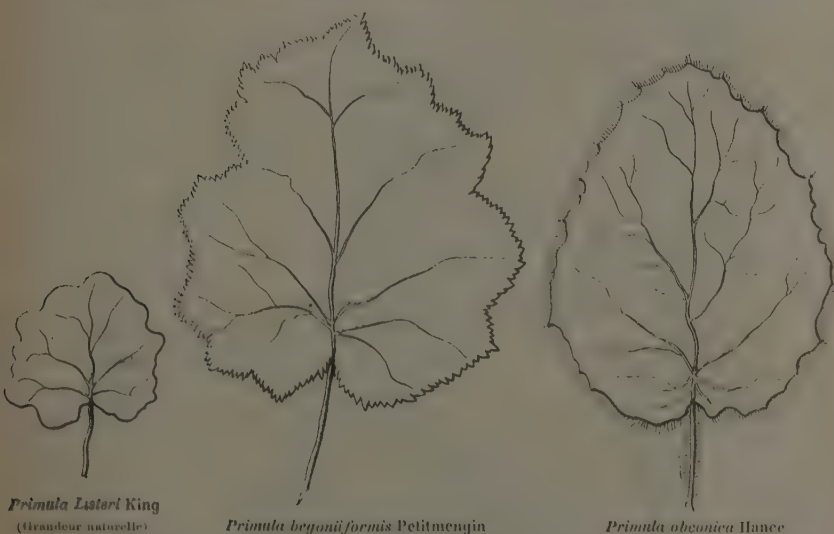
Sa souche écailleuse, imbriquée, d'un rouge foncé, ses feuilles rhomboïdales et la glabrescence de toutes ses parties, jointes à la structure spéciale des poils très courts qui la recouvrent, la distinguent facilement des *Primula obconica* Hance et *P. Listeri* King, dont elle est voisine. Cette espèce, bien que très voisine du *Pr. Listeri* King, et qui a été confondue avec lui jusqu'ici (cf. Pax, in *Pflanzenreich*, 1905, p. 25)¹ est intermédiaire entre celui-ci et le *Primula obconica* Hance. J'ai pu confronter des échantillons authentiques, de King lui-même, avec le *Pr. begoniiformis*, et ils en diffèrent au premier coup d'œil. Un examen minutieux confirme cette observation. Les fleurs sont portées par des pédicelles plus robustes, le calice est moins développé, le tube de la corolle est plus étroit, les pétales sont du double plus grands (corolle de 1 centimètre dans *Pr. Listeri*). Les scapes dépassent les feuilles, les ombelles sont plus fournies (4-6 fleurs dans *Pr. begoniiformis*, 1-3 dans *Pr. Listeri*). Les feuilles sont totalement différentes, celles du *Pr. Listeri* sont *petites, arrondies, sinuées, dentées, succulentes*; celles du *Pr. begoniiformis* sont *rhomboïdales, beaucoup plus allongées longitudinalement, beaucoup plus finement dentées, à sinus beaucoup plus aigus et non arrondis; feuilles beaucoup plus profondément échancrées à la base; pétioles plus raides, dressés, non mollement étalés comme dans *Pr. Listeri*; rhizome toujours couvert de squames persistantes, très fortement amplexicaules, alors que dans le *Pr. Listeri* les squames (bases des pétioles) sont plus molles, presque planes, et se détruisent très facilement, ne laissant que des portions cicatricielles qui donnent à ce rhizome*

1. FRANCHET, *Bull. Soc. Bot. France*, 1888, p. 428.

un aspect différent de celui du *Pr. begoniiformis*, qui est très caractéristique.

Les poils du *Pr. Listeri* King sont allongés comme dans le *Pr. obconica*, présentent les mêmes étranglements et sont pourvus de sculptures lâches, distantes, parallèles, rappelant celles des poils du *Pr. begoniiformis*.

En résumé, nous pouvons dire que le *Primula obconica* Hance est une espèce très polymorphe, dont peut-être les *Primula begoniiformis* et *Listeri* ne représenteraient que des races fixées. De plus, la distribution géographique de ces trois espèces semble indiquer : que l'Himalaya (Sikkim, Manipur, etc.) a pour caractéristique le *Pr. Listeri* King typique, et que le Yunnan serait caractérisé par le *Pr. begoniiformis*; le *Pr. obconica* existant concurremment avec le *Pr. begoniiformis* dans le Yunnan, mais étant disparu au moins actuellement de l'Himalaya.



Section des *Bullatae* Pax, in *Pflanzenreich*. 1905, p. 18.

Primula Esquirolii Petitmengin.

Espèce très typique ! — Fleurs toutes solitaires, portées par des pédoncules uniflores de 1-2 centimètres, naissant de la souche.

Calice à sépales lancéolés aigus, égalant le tiers ou le quart de la longueur du tube corollin. Celui-ci très long, cylindrique, 18 millimètres. Corolle grande, à limbe étalé de 2^{cm},5; portion libre des pétales en cœur renversé. Feuilles développées avant les fleurs, d'un vert très foncé en dessus, plus pâle en dessous. Limbe de 9-12 centimètres de long sur 2 à 4^{cm},5 de large, oblong-ovale, sinué-denté sur ses bords, à nervures très saillantes, formant un réticulum très marqué surtout à la face inférieure. Feuilles insensiblement atténuées en un pétiole ailé; munies à la face inférieure de poils courts et raides. Plante glabrescente à habitus de *Primula acaulis*, à fleurs nombreuses, égalant ou plus courtes que les feuilles, d'un bleu clair (Martin).

Chine : Gan-p'in. Parois humides d'une grotte dans les calcaires, à 1350 mètres d'altitude (RR. PP. Esquirol et Martin, n° 4) [1906].

***Primula Esquirolii* Petitmengin.**

Scapis unifloris, radicalibus 1-2 cm. altis. Calycis dentibus lanceolato-acutis, 1/3 vel 1/4 longitudinis tubi corollini æquantibus. Corolla magna (2 cm. 5 diam.) limbo plano, tubo longissimo. Petalis obcordatis.



Foliis synanthiis, reticulato nerviis, nervis præcipue subtus valde prominentibus, limbo sinuato-dentatis, oblongo-ovato, 9-12 cm. longo, 2-4 cm. 5 lato, in petiolum alatum sensim attenuato, folia æquantibus vel eis brevioribus.

Species valde singularis, habitu Primulæ acauli Lam. simillima, floribus numerosis, dilute cæruleis, foliis longitudine æquis vel inferis.

Cette espèce est voisine du *Primula Davidi* Franchet, dont elle se distingue par ses fleurs grandes, bleu pâle, solitaires, jamais en ombelles; par le tube de sa corolle beaucoup plus long; par son calice cylindrique.

Section des Farinosæ Pax, *Pflanzenreich*, 1905, p. 70.

Primula Hemsleyi Petitmengin.

Efarinosa, glaberrima. Folia membranacea, 1 cm. 5 ad 2 cm.



Primula Hemsleyi Petitmengin
(Grandeur naturelle)

longa, 1 cm. ad 1 cm. 4 lata, oblongo-obovata, in petiolum alatum, laminam superantem, attenuata. Lumina serrato-dentata, basi

cuneata. Scapus folia superans 6-15 cm. altus, umbellam laxam, 2-4 florem gerens. Bractææ ± longæ, basi gibbosæ. Pedicelli graciles, longissimi, ± flexuosi, 2-5 cm. longi. Calycis 5-6 mm. longi, tubulosi, ad medium fissi, lobi lanceolato-acuti; subtus farinosi. Corollæ roseo-violaceæ 1 cm. 5 diam., tubus 1-1 cm. 4, calycem superans, lobi obcordati. Capsula cylindrica, calycem valde superans (3-5 mm.).

Espèce non farineuse, si ce n'est la face inférieure des sépales, glabre. Feuilles membraneuses, 1^{cm},5 à 2 centimètres de long sur 1 à 1^{cm},4 de large, oblongues-obovales, atténuées brusquement en un long pétiole ailé de 1,5-2 centimètres.

Limbe régulièrement denté, à dents profondes, entières, parfois denticulées.

Scape 6-15 centimètres. Fleurs 2-4 en ombelle lâche, longuement pédonculée, pédoncule de 1^{cm},5 à 5 centimètres. Bractées plus ou moins longues, un peu renflées à la base, 4-6 millimètres de long.

Calice 5-6 millimètres de long, tubuleux, à lobes profonds, lancéolés-aigus, farineux à l'intérieur.

Corolle d'un rose violacé foncé, 1^{cm},5 de diamètre, à pétales obcordés. Tube corollin 1 à 1^{cm},4, dépassant longuement le calice.

Capsule presque cylindrique dépassant longuement (3-5 millimètres au moins) le calice.

Chine; localité illisible. (Wilson, n° 4301.)

Cette espèce est voisine des *Pr. efarinosa* Pax (*Pflanzenreich*, 1905, p. 79, n° 90) et *Pr. Knuthiana* Pax (*loc. cit.*, n° 91), mais surtout du *Pr. Knuthiana* Pax; elle s'en distingue par l'absence de revêtement farineux, si ce n'est à la face interne du calice seulement; par ses feuilles dont le limbe est brusquement atténué en coin; par son pétiole ailé, très long et très distinct, enfin par sa capsule presque cylindrique, longuement exserte au-dessus du calice persistant.

Section Chamæjasme Koch, In Pax et Knuth, *Pflanzenreich*, 1905, p. 180.

Androsace aurata Petitmengin.

Elegans; estolonosa; foliis rosulatis, linearibus acuminatis, 5-6 mm. long. 1 mm. lat., glaucescentibus, ad marginem ciliis

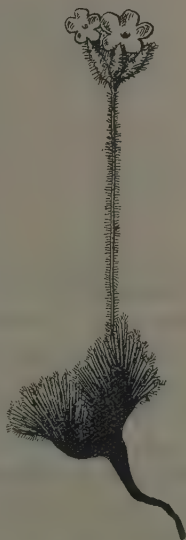
albidis, strictis, latitudinem folii superantibus, præditis, uninerviis, subtus bisulcatis. Scapo 1 cm. 5, 2 cm. 5 longo, patule villosa, tomentoso, floribus 2-3, umbellatis, bracteis villosis, lanceolatis, 1/3 umbellæ æquantibus. Pedicellis brevissimis, 1-2 mm. long., calycis lobis villosis, oblongis, apice rotundatis, pedicellum æquantibus, corollæ aureæ tubo vix exserto, limbi 5-7 mm. diam., lobis rotundatis integerrimis.

Plante gracieuse, sans stolons. Feuilles toutes en rosette dense; linéaires acuminées, 5-6 millimètres de long sur 1 millimètre de large, grisâtres, ciliées surtout sur les bords. Cils blancs, longs et raides. Nervures saillantes, surtout la nervure principale, proéminente à la face supérieure du limbe et accompagnée de sillons parallèles et longitudinaux.

Scape de 1^{cm},5 à 2^{cm},5 longuement hérissé, nu. Fleurs 2-3 serrées en ombelle pauciflore; bractées lancéolées, velues-ciliées, 4-5 millimètres de long, égalant les deux tiers de la hauteur de l'ombelle. Fleurs courtement pédicellées, pédicelles de 1 à 2 millimètres, velus-ciliés ainsi que les lobes du calice, qui sont ovales, atténués à leur extrémité supérieure égalant presque la longueur du pédicelle (2 millimètres). Tube corollin dépassant à peine le calice. Corolle d'un jaune d'or (*golden yellow*; teste Wilson) à lobes arrondis, entiers. Fleurs larges de 5-7 millimètres.

Heothe(?) 13 500 ft. Western-China, Wilson, n° 4008.

Voisine de l'*A. tibetica* Knuth. surtout de sa variété β . *Marie* Knuth (Pax, *op. cit.*, p. 187); s'en distingue aisément par l'absence des stolons, par ses feuilles étroites, très fortement ciliées, glauques, à nervure principale saillante, par ses fleurs peu nombreuses 2-3, en ombelle serrée, d'un jaune d'or.



ESQUISSE
DE LA
STRUCTURE DU GÉANTICLINAL VOSGIEN
ET DU
GÉOSYNCLINAL LORRAIN

Par E. NOËL

La transgression triasique a consisté, comme on l'admet maintenant, en un envahissement relativement brusque de la mer sur un pays préalablement plissé, aux reliefs déjà fortement rabotés et usés, mais n'en existant pas moins encore en certains points, par exemple sur l'anticlinal vosgien. Les plissements qui avaient donné naissance à ces montagnes, depuis l'époque du culm jusqu'à celle du permien inférieur, ont dû continuer encore à se produire au moins pendant cette première phase transgressive du trias, sous forme de tassements qui ont continué, prolongé dans le temps, suivant des lois encore mal dégagées, les déformations antérieures, tout en les atténuant. Il s'ensuit donc une grande variabilité dans l'épaisseur des dépôts triasiques, au moins du trias inférieur, variabilité qui a été bien mise en évidence dans les Vosges par les études sur le terrain, et en Lorraine par les sondages pour la recherche de la houille. Je me réserve de revenir sur l'étude de ces variations d'épaisseur; pour le moment, il me suffit de les signaler. J'ajouterai de plus qu'à certaines époques postérieures, comme au muschelkalk (surtout inférieur) et au keuper, cette structure du sous-sol a été jusqu'à produire même des variations importantes dans le facies des dépôts : c'est ainsi que le sel ne se trouve guère qu'au fond des synclinaux et que

les dolomies semblent atteindre leur plus grand développement surtout sur les anticlinaux.

Cette transgression triasique a d'ailleurs déjà été précédée du dépôt de sédiments à facies détritique, surtout dans certaines fosses, notamment les dépôts houillers du synclinal lorrain qui vont du westphalien supérieur (c. de Sarrebruck) au stéphanien (c. d'Ottweiler), et ensuite, en transgression sur eux, les dépôts permien, dont certains accompagnés de dolomie et de sel sont les premiers témoins d'une invasion marine depuis l'époque du carbonifère inférieur.

Il résulte de là qu'une étude préliminaire qui s'impose est celle d'abord de la structure du géosynclinal lorrain et du géanticlinal vosgien, faite surtout au point de vue tectonique, puis celle des différentes petites transgressions qui l'ont précédée et des dépôts détritiques locaux, dont la plupart ont eu quelques-unes de leurs parties arasées et ont pu, par leur remaniement, fournir des éléments au grès vosgien.

Je vais examiner d'abord la structure du socle paléozoïque (antéhouiller), puis je passerai aux conglomérats du houiller et du permien.

1° *Le socle paléozoïque.* — On remarque d'abord la différence d'allure des terrains superposés à l'anticlinal vosgien et au synclinal lorrain. Les premiers n'ont guère que des ondulations à très grand rayon qui dégénèrent facilement en simples cassures, comme cela doit avoir lieu avec un sous-sol rigide ; les seconds présentent au contraire une série de dômes et de cuvettes s'alignant souvent en rides alternativement anticlinales et synclinales, assez rapprochées, distantes d'environ 3 à 8 kilomètres. C'est d'ailleurs uniquement par l'étude de ces rides des terrains secondaires que nous pouvons aujourd'hui tenter de déchiffrer la structure interne de la région.

On sait que la chaîne hercynienne s'est formée en deux soubresauts principaux : le premier principalement à l'époque du dinantien-culm, le deuxième commençant au stéphanien pour se continuer jusqu'au permien moyen. Il y a d'ailleurs dans le sous-sol des terrains triasiques des ondulations transversales à très grand rayon dont des études postérieures préciseront peut-être l'âge. On remarque encore dans les Vosges des traces de plissements certainement antérieurs aux plis hercyniens, décelés

par l'orientation des bandes de gneiss et de granits anciens de la chaîne, et faisant un angle notable avec les plissements hercyniens. J'examinerai successivement toutes ces dislocations, mais avant j'étudierai ce qu'on appelle, depuis les travaux de M. Suess, les « lignes directrices de la région ».

Les principales de ces lignes ont d'ailleurs déjà été indiquées par M. Suess⁽¹⁾. L'auteur part du raccordement par rebroussement des plis armoricains avec les plis varisques. Il remarque que la principale difficulté d'une telle étude résulte de l'arasement profond des montagnes, par suite duquel les roches archéennes forment la plus grande partie de la surface : il ne peut donc être resté « de la couverture de terrains sédimentaires qui les surmontait à l'origine que les extrémités en forme de coin des principaux synclinaux. De là, les longues bandes sédimentaires rencontrées çà et là pincées dans les schistes cristallins des régions archéennes représentent de véritables *lignes directrices* permettant de reconstituer le parcours des hautes montagnes d'autrefois.

« La présence des lignes directrices varisques est très nette dans le Plateau Central. Le terrain primitif affleure en de nombreux points à l'O. des Vosges sous la couverture des terrains secondaires. Le granit affleure dans plusieurs localités à l'E. du Morvan et à l'O. de Dijon ; ces affleurements indiquent une jonction souterraine qui des Vosges s'avance vers le S.-O. dans la direction du Plateau Central, à travers la Côte-d'Or.

« Depuis longtemps déjà les géologues français pensaient qu'il existe un rapport intime entre les terrains anciens des Vosges et ceux du Plateau Central. En 1856, Coquand fit observer que le petit massif granitique de la Serre près de Dôle était un trait d'union entre les deux massifs⁽²⁾. »

Fournet, à la suite de remarques analogues, parle d'une chaîne cébenno-vosgienne⁽³⁾.

La direction de cette ligne est N.-E. S.-O. L'auteur alors indique dans les Vosges le synclinal de Ronchamp et sa correspon-

1. *Das Antlitz der Erde*, trad. française par de Margerie. T. II, p. 175 et sq.

2. H. COQUAND, « Mémoire géologique sur l'existence du terrain permien et du représentant du grès vosgien dans le département de Saône-et-Loire et dans les montagnes de la Serre, Jura. » (*Bull. Soc. géol. France*, XIV, 1856-1857, p. 13-47, pl. I.)

3. J. FOURNET, « De l'extension des terrains houillers sous les formations secondaires et tertiaires de diverses parties de la France. » (*Mém. Acad. Lyon*, V, 1855, p. 239 et suivantes.)

dance avec les bassins de Blanzv et du Creusot. La longueur de cette dislocation (affaissement entre cassures), entre Bert et l'extrémité méridionale des Vosges, est d'environ 280 kilomètres. Cet accident, facile à suivre sur les cartes, forme dans les Vosges l'extrémité méridionale du massif, à la Serre l'extrémité marginale d'un petit horst et s'engage dans l'épaisseur du Plateau Central. « D'après les renseignements assez sommaires qu'on possède à son sujet, cet accident est du moins en grande partie d'âge post-permien, et même au N.-E. d'âge post-jurassique; mais ses rapports avec les traînées houillères plissées de Saône-et-Loire indiquent que la faille actuelle coïncide avec la direction originelle de la chaîne. C'est donc une dislocation longitudinale comme la grande cassure de Saint-Avold dans le bassin de la Sarre. »

L'auteur indique alors dans les pages suivantes la manière dont on peut suivre au moyen des plis posthumes une ligne principale de dislocation sous des terrains plus récents. C'est de ce principe, aujourd'hui fort discuté, que je serai réduit à faire application sous toutes réserves pour toute la partie des terrains secondaires de Lorraine. On voit en outre, par cette citation, comment une flexure ou même un pli peuvent dégénérer en faille dans les terrains horizontaux de la couverture. Il peut résulter de là que plusieurs des failles longitudinales du trias des bords vosgien ou subvosgien sont superposées à des têtes d'anticlinaux ou à des surfaces de charriage en profondeur.

Mais avant d'entrer dans le détail, il importe de donner la liste des principales lignes directrices de la région du géantical vosgien et du géosynclinal lorrain. Je commencerai par le S.

I — Lignes directrices

1° On rencontre d'abord le synclinal de Ronchamp compris entre le dévonien du Salbert et le massif granitique des Ballons. Il renferme, comme on sait, du carbonifère marin [dinantien — étage viséen; voir Bleicher et Tornequist (1)] puis du culm. Ensuite

1. BLEICHER et MIEG, « Note sur la paléontologie du carbonifère de la Haute-Alsace ». (*Bull. Soc. géol. France*, [3] XII, 1884, p. 107 et *ibid.* [3] XIII, 1885, p. 413). — G. MEYER, « Beitrag zur Kenntniss des Kulm in den südlichen Vogesen ». (*Abh. z. geol. Spezk. v. Els.-Loth.*, 3^e vol., fasc. I, 1884.) — A. TORNEQUIST, « Das fossilführende Unter-carbon am östlichen Rossbergmassiv in den Sudvogesen ». (*Ibid.*, vol. V, p. 377-793.)

après le dépôt de ces étages s'est produit le premier soubresaut hercynien, et enfin, dans des fosses, le stéphanien de Ronchamp puis le permien se sont déposés. Ce synclinal envoie d'importantes apophyses vers le N., ce sont les schistes de Bussang et les « grauwackes » souvent métamorphiques du massif du Ballon de Guebwiller.

Dans la Forêt-Noire, le pli de Schœnau lui fait suite, n'offrant d'ailleurs qu'une étroite bande de carbonifère supérieur comprise entre le gneiss du Feldberg et le granit et les roches éruptives de la bande du Blauen au Habsberg.

On peut remarquer l'allure irrégulière de ce pli, car la bande de Schœnau ne correspond qu'à celle de Ronchamp et Belfort en direction hercynienne, tandis que la région de grauwacke du ballon de Guebwiller aurait pour homologue le massif de gneiss de l'E. de Fribourg. Y aurait-il là une surélévation locale de la région qui aurait fait disparaître toutes les assises sédimentaires ? Cependant la région de Fribourg est bien un anticlinal, ainsi que l'indiquent les affleurements du grès bigarré à l'O. de Villingen.

Cet anticlinal est suivi d'un synclinal passant par Waldkirch et Triberg : ce pourrait être la suite du synclinal de Guebwiller. Le géosynclinal du S. se diviserait en deux, la branche S. passant par Schœnau, la branche N. par Waldkirch et Triberg, les deux séparées par le massif de gneiss de Fribourg (1).

2° Puis vient le grand anticlinal vosgien qui forme en France le sous-sol du S. des monts Faucilles (région tabulaire du N. de Plombières), puis passe par Remiremont, Gérardmer, Sainte-Marie-aux-Mines, rencontre le bord de la Forêt-Noire aux environs de Lahr et gagne Freudenstadt après avoir porté les dépôts du grès vosgien à près de 1 000 mètres.

2' Au N. s'étend une bande occupée par des plis pincés de schistes métamorphiques (Villé) et de granits récents à laquelle correspond dans la Forêt-Noire la région de roches éruptives au N.-E. d'Offenburg et à l'E. d'Achern.

3° Le synclinal de Schirmeck, renfermant, dans les Vosges, du dévonien, du culm et des roches éruptives d'âges carbonifère et permien. Pour le retrouver dans la Forêt-Noire, il faut aller jus-

1. D'ailleurs la découverte toute récente de gisements de potasse dans le permien (?) des environs de Thann et de Guebwiller confirme encore le caractère synclinal de cette bande (*Revue industrielle de l'Est*, numéro du 10 mars 1907).

qu'à Baden-Baden, car c'est là seulement qu'on retrouve du permien avec ses roches éruptives (Fremersberg, Gernsbach, etc.). Le prolongement semble passer au S. de Neuenburg et de Pforzheim, à en juger par les affleurements du grès bigarré. Ce pli se prolonge vers le S.-O. en rejoignant à Saint-Dié le pli de Villé, puis se continue au S.-O. par Bruyères où se voit une apophyse vers le S.-O. des dépôts permien. Puis il franchit la Moselle à la région affaissée d'Arches et Archettes, et enfin semble renfermer les schistes métamorphiques du N. de Bains-les-Bains et les quelques pointements de tels schistes et de grauwackes qui apparaissent sur la feuille de Langres. On admet qu'il se relie au pli de Blanzky sur les bords du Massif Central. D'ailleurs ce pli, ainsi que le précédent et le suivant (de Celles), se soudent et même se relayent souvent entre eux⁽¹⁾.

4° Le pli de la vallée de Celles, dont une récurrence sous le grès permien donnerait la flexure brusque de cette vallée. Le sommet (racine) est par endroits injecté de granulite considérée comme récente (granulite de Raon-l'Étape). On sait cependant que les granulites de la chaîne hercynienne (Bretagne, Vosges, etc.) sont ordinairement dévoniennes, c'est-à-dire antérieures au premier soubresaut du plissement; par suite la surélévation locale qui a lieu à Raon-l'Étape résulte peut-être non d'une injection contemporaine du plissement, mais de la présence d'un culot éruptif ancien resté simplement en saillie (cf. le mont Blanc dans les Alpes). Ce pli est d'ailleurs un anticlinal qui peut parfois être couché. Il se prolonge au S.-O. par Épinal (granulite de la Vierge, d'aspect parfois cristallophyllien), puis par les pointements de granit de la région Châtillon-sur-Saône, Passavant, etc. (feuille de Langres). Vers le N.-E., ce pli doit être fort difficile à suivre sous les dépôts du grès des Vosges. Il semble atteindre la vallée du Rhin à l'éperon de Wasselonne et là se perd sous les sédiments récents.

5° Le pli déterminé sur la Meurthe par la flexure d'Azerailles passe à 1 ou 2 kilomètres au N. de Cirey et semble gagner au N.-E. Wissembourg en longeant les bords des affleurements du

1. M. VÉLAIN, *Bull. G. G. France*, VI, 1894-1895, feuille de Strasbourg, p. 158, aligne le granit de Grandrupt avec celui du Rossberg. Il existe cependant l'extrémité du synclinal de Schirmeck entre les deux. Je considérerais plutôt le granit de Grandrupt comme injectant la racine du pli de Celles.

grès vosgien : schistes métamorphiques de Weiler près de Wissembourg; granit du Jägerthal au N. et près Niederbronn⁽¹⁾. En particulier, d'après le travail de M. Linck, on a dans le Palatinat des pointements de gneiss et de schistes métamorphiques (*gneiss-artige z. T. grauwackeähnliche Gesteine*) à Selz, Albertsweiler et Neustadt. Plus au S., à Weiler près Wissembourg, des « schistes passant à la grauwacke »; d'où un âge dévonien, d'ailleurs hypothétique en l'absence de fossiles, traversé par des filons de porphyrites, minettes, kersantites (cf. dévonien de Schirmeck). Les couches sont très redressées et ont un plongement plutôt S. sur les profils de la planche I. On est donc en présence du flanc N. d'un synclinal, ou d'un pli isoclinal couché vers le N. ou le N.-N.-O. D'ailleurs, il existe un pointement de granit au S.-O., au Jägerthal près de Niederbronn. Ce granit semble donc jouer le même rôle par rapport à la grauwacke de Weiler que le granit carbonifère d'Andlau par rapport au dévonien de Schirmeck. Donc il semble que le dévonien occupe les extrémités N.-E. des plis d'Azerailles et de Mont (Edenkoben, Landau).

Le pli d'Azerailles passerait par le granit du Jägerthal, qui injecterait alors la racine d'un anticlinal — ou peut-être même le pli de Mont-sur-Meurthe, en vertu de la virgation E. de l'extrémité N.-E. des plis (S. de la *Mulde von Saargemünd* de la carte de van Werwecke).

Au S.-O., se bifurquant peut-être⁽²⁾, il passe aux environs de Charmes et de Mirecourt.

D'ailleurs, à partir de ce moment, nous sommes dans le géosynclinal lorrain, ce qui se traduit, comme dans tous les cas analogues (bassin carbonifère de Bretagne, etc.), par une multiplication et une complication des plis secondaires.

C'est ainsi, par exemple, qu'un ridement secondaire apparaît déjà à Gerbéviller et Moyen.

6° L'anticlinal de Blainville, Mont-sur-Meurthe. Passe dans la direction N.-E., un peu au N. de Lunéville, et atteint la Sarre près de Saar-Union, où les affleurements du grès bigarré envoient un éperon vers l'E., puis se perd sous les sédiments du grès vosgien

1. G. LINCK, *Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwaren-Gebietes von Weiler bei Weissenburg* (Abhandl. z. geol. Spezk. von E. Loth, III, 1891, p. 1 à 73).

2. Communication inédite de M. Nicklès.

et doit atteindre la vallée du Rhin, probablement aux environs de Landau [pointements de granit et de schistes métamorphiques du Palatinat : Weiler près Edenkoben⁽¹⁾]. Au S.-O. ce pli se prolonge dans la région d'Haroué⁽²⁾.

7° Le grand synclinal de Sarreguemines, dont l'allure est si nette et si régulière aux environs de cette ville. Son prolongement vers le S.-O., probablement bifurqué, présente des changements de direction irréguliers et assez compliqués. Les fosses de Brin et de Drouville, si remarquables par le développement du gîte salifère lorrain, en sont probablement des dépendances. Au N.-E. il semble présenter une virgation O.-E. Passerait-il dans la région basse entre la Forêt-Noire et le massif cristallin de l'Odenwald ? Cependant, cette dépression résulte de la rencontre des failles de l'Odenwald avec celles du Rhin⁽³⁾ et n'a pas les allures d'un synclinal. Ce synclinal est fort large sur le territoire allemand. Il a paru marquer pour bien des auteurs allemands (Leppla, etc.) le fond du géosynclinal entre les Vosges et le massif rhénan.

8° Deux ridements secondaires dont les prolongements sur le territoire français ainsi que vers le Rhin sont encore assez hypothétiques : l'anticlinal de Morhange (*Sattel von Mörchingen*) et le synclinal de Landroff (*Mulde von Landorf*). Ils n'ont peut-être que la valeur de ridements secondaires du géosynclinal.

9° Enfin le grand anticlinal lorrain (*lothringischer Hauptsattel* des Allemands). Il présente dans la région de Sarrebruck où il a été reconnu pour la première fois un anticlinal du houiller affectant les nappes de charriage⁽⁴⁾. Cet anticlinal stéphanien est probablement juxtaposé de très près, sinon superposé à un pli d'âge dinantien, peut-être même déjà dessiné lors du ridement calédonien. Il se prolonge ensuite en Lorraine sous forme d'un puits de deux anticlinaux des terrains secondaires. La carte de M. van Werwecke indique en effet d'abord un anticlinal de terrains secondaires décalé vers l'O. par rapport à l'anticlinal du houiller au N. de la faille de la Sarre. Au S.-O. de cette faille, un autre

1. LEPPA, *Ueber das Grundgebirge der Pfälzischen Nordvogesen* (*Zeitsch. der deutschen geolog. Ges.*, XLIV, 1892, p. 400 à 438).

2. Communication inédite de M. Nickles.

3. G. DEFFNER u. O. FRAAS, *Die Juraversenkung bei Langenbrücken* (*N. Jahrb. f. Min.*, 1859, p. 1-38, cart. pl. IV).

4. BERGERON et WEISS, *C. R. Ac. Sc.*, 15 juin 1906.

anticlinal, puis au S.-O. de la faille de Felsberg (*Verwerfung von Felsberg* de van Werwecke), l'anticlinal lorrain (*lothringischer Hauptsattel*). Ce dernier semble, d'après la même carte, dégénérer en deux anticlinaux : 1° celui du S. (charbons flambants de Spittel [L'Hôpital]), qui, interrompu par une faille à Bambiedersdorf, semble atteindre, à défaut d'études de surface plus complètes, la région d'Abaucourt sur le territoire français; 2° celui du N. qui, de Kohlwald, coupé par plusieurs failles, gagne Bingen (Bange), puis, relayé par un autre plus au N.-O., gagne par une ligne sinueuse, qu'il serait intéressant de voir préciser par des études de surface, la région d'Éply et de Pont-à-Mousson sur le territoire français. Entre les deux, sur le territoire français, se trouve la faille de Nomeny relevée par MM. Nicklès et Joly, qu'il serait aussi très intéressant de suivre vers le N.-E. Entre les deux plis aussi, la même carte indique une région affaissée près de Bange. C'est d'ailleurs à l'O. de cette cuvette que les sondages de Lemud, de Berlize, etc., ont rencontré le houiller rouge. On doit remarquer les nombreuses sinuosités et la complication des trajets de ces anticlinaux, qui peuvent se décomposer en suite de dômes fortement arqués et réniformes. La carte de M. van Werwecke s'arrête malheureusement à trop grande distance de la frontière pour qu'il n'y ait pas dans ces raccords une certaine part d'hypothèse que réduiraient beaucoup des études sur le terrain ⁽¹⁾.

10° Au N. du grand anticlinal lorrain se rencontrent quelques accidents secondaires : le synclinal de Boulay (Bolchen), l'anticlinal de Metz (*Sattel von Metz*) sur le bord S. du golfe de Luxembourg et coupé par la grande faille du même nom.

11° L'anticlinal de Sierck (*Sattel von Sierck*) à environ 3 kilomètres au S. de la ville, qui fait affleurer les quartzites dévonien sur le bord de la Moselle, et au S. duquel on a relevé un réseau de nombreuses failles parallèles de direction S.-O., N.-E.

12° Le géosynclinal : golfe de Luxembourg.

On peut remarquer dans toute cette région le parallélisme des failles aux plis hercyniens de l'Ardenne ainsi que leur virgation vers le N.-N.-E. aux environs de Trèves. La région entre Birken-

1. Communications inédites de M. G. Sépulchre (1906).

feld et Bitburg semble être une aire de moindre largeur, par suite peut-être de maximum de compression entre le massif de la Sarre et de la Nahe (*Saar-Nahe Gebirge*) et l'Ardenne.

13° Enfin, le bord dévonien S. de l'Ardenne présentant une virgation des plis, d'abord O.-E., puis S.-O., N.-E. vers leur extrémité N.-E.

L'Ardenne étant une nappe charriée hercynienne, on peut remarquer la communauté d'allure de son bord S. (failles bordières relevées vers le N. aux extrémités) avec les accidents qui limitent au S. les « différentes écailles » (?) de la région de Sarrebruck, et aussi les failles de Nomeny et de Mazerulles de la région française.

II — Ondulations transversales

Si l'on suit les variations de l'arasion le long d'un même pli, et que l'on ait de plus égard à ce fait que le granit se trouve de préférence dans les parties hautes, où il injecte des racines profondes d'anticlinaux, on remarque dans la région plusieurs ondulations transversales à très grand rayon de courbure et d'allure d'ailleurs fort irrégulière.

1° Les monts Faucilles et les Vosges jusqu'à Gérardmer forment une région surélevée et consolidée par le granit. En effet, les terrains secondaires sus-jacents sont, dans les monts Faucilles, soumis au régime tabulaire au S. de la direction hercynienne d'Azerailles — Mirecourt. D'ailleurs, ce dôme se prolonge au N.-O. dans les terrains secondaires, par une bande surélevée bordée au N.-E. par la faille ou flexure brusque de la Meurthe (Ménil-Flin, Lunéville, Le Moulnot, etc.), au S.-O. d'abord par la faille de Blainville — Saint-Phlin, puis peut-être par des failles en gradins (à Bayon, dans la Moselle?).

Cette limite O. est d'ailleurs difficile à saisir à cause de l'affaissement du bassin de Paris qui semble commencer à se faire sentir et donne à tous les pendages une composante O.

2° A l'E. et au N.-E., une bande affaissée de direction générale sinueuse et voisine de N.-S. C'est cette ondulation qui a conservé le culm et le dinantien des hautes vallées du S. des Vosges (pli de Thann — Schœnau) au-dessus et à l'O. des failles du Rhin, ainsi

que sur l'anticlinal vosgien les schistes du Collêt, près de la Schlucht, les schistes de Steige, puis le dévonien et le culm de la vallée de la Bruche, dans le pli de Schirmeck. On connaît d'ailleurs le plongement N.-E. qu'a parfois le dévonien dans ce pli ⁽¹⁾. Par contre, les extrémités N.-E. de ces plis dans la Forêt-Noire sont en général dépourvues de tout terrain sédimentaire antérieur au permien.

C'est à cette fosse que correspond le développement parfois considérable du permien dans le N. des Vosges et dans le S. du géosynclinal lorrain. Elle doit produire dans le géosynclinal le fond de la dépression de Sarreguemines et peut-être correspondre aux dépôts les plus profonds du westphalien inférieur (*Fettkohlen von Saarbrücken* — couches inférieures de Sarrebruck). Elle passe aux environs de Sarralbe et Sarreguemines et paraît atteindre l'anticlinal houiller au S.-O. de Sarrebruck, dans la région du maximum de dislocation des terrains des nappes. Quelle est son action sur ces lambeaux charriés? Franchit-elle l'anticlinal? L'anticlinal de Sierck en est-il affecté? Le fait pourrait être assez facilement vérifié.

3° A l'E. se manifeste un relèvement dont l'axe d'ailleurs mal déterminé passe à l'E. de Schœnau; de sorte que le synclinal de Thann ne renferme plus dans la Forêt-Noire qu'une mince bande de paléozoïque; puis il occupe sensiblement l'axe des affleurements cristallins de la Forêt-Noire, passe le Rhin vers Baden-Baden et Rastatt, et gagne la région de Wissembourg, Edenkoben et Landau. Ce bombement étant très large, l'axe peut en être reporté peut-être plus à l'E., de manière à lui faire encore englober le massif cristallin de l'Odenwald.

C'est grâce à ce relèvement en particulier que des plis comme ceux d'Azerailles et de Mont peuvent présenter dans ces régions des racines profondes injectées de granit (Jægerthal), ou des grauwackes dévoniennes et des schistes métamorphiques ⁽²⁾, [*gneissartige Gesteine*; cf. schistes de Villé].

On peut tirer des faits précédents la conclusion suivante : les deux masses cristallines des Vosges, d'une part, et du soubasse-

1. Il ne faudrait cependant pas attribuer à ce fait une valeur trop absolue, l'effondrement du Rhin pouvant simplement dégénérer en flexure au-dessus des failles principales, dont elle serait l'amorce. Ce pendage E. a donc pu être exagéré à l'oligocène.

2. G. LINCK, *loc. cit.*, et LEPPA, *loc. cit.*

ment de la Hardt et de l'Odenwald, de l'autre, ont dû jouer par rapport aux terrains plastiques (houiller, culm) du géosynclinal lorrain et au horst ardennais dévonien et cambrien le rôle de butoirs, relativement rigides, d'où, comme l'étude d'autres cas semblables l'a montré (Ardenne, Appalaches, etc., massifs granitiques des Alpes), se manifeste une tendance bien nette au recouvrement.

D'ailleurs, les massifs consolidés par du granit et de la granulite antérieurement au plissement hercynien ont dû produire le déjettement des plis sur leurs bords, comme des vagues contre des îles. C'est le fait qui a été signalé par M. Haug, notamment pour les plis du Briançonnais venant buter contre les granits du Pelvoux et du Mercantour. Il est d'ailleurs fréquent, dans les Alpes et aussi en Bretagne, ce qui a de l'intérêt en l'espèce, le degré d'arasement de la Bretagne étant voisin de celui des Vosges. Il résulte de là que des plis tels que celui de Mont-sur-Meurthe doivent avoir leur prolongement S.-O. relevé vers le N. par le voisinage du massif de gneiss granitique qui affleure par endroits sous le grès bigarré tabulaire et faillé, à environ 15 kilomètres au S. de Vittel. La vérification de ce fait serait très intéressante. Réciproquement, la déviation vers le N. des plis des terrains secondaires peut indiquer la présence vers le S. d'un éperon cristallin en avant de l'anticlinal vosgien : si toutefois les récurrences ne sont pas trop fortement faussées par des plis couchés ou des nappes de charriage des terrains paléozoïques, ou même et principalement par les érosions des époques permienne et triasique.

Or, ce phénomène des plis couchés et des charriages tend précisément à se produire toutes les fois qu'une zone abaissée de terrains d'une plasticité relative se trouve comprimée, par suite rétrécie entre deux massifs rigides formant mâchoires. Ici, les deux massifs sont, au S., l'anticlinal vosgien et ses apophyses et, au N., le horst ardennais et rhénan. Je n'insisterai pas sur le fait général, ce qui m'entraînerait trop loin. Il résulte de l'étude de toutes les régions de plissements intenses. Les cartes des Appalaches notamment, ces portions de la chaîne hercynienne où les plissements offrent une ampleur et parfois une simplicité de schémas, montrent que des recouvrements se produisent toujours et de préférence contre le bord du massif qui par son avancée donne lieu aux dislocations : telles des vagues repoussées par la proue d'un ba-

teau ⁽¹⁾. On sait d'ailleurs à l'appui de ce fait ⁽²⁾ que le massif houiller de Sarrebruck se composerait d'une ou de plusieurs nappes charriées, et que certains plis vosgiens, tel le synclinal de Schirmeck, ont une tendance marquée au déversement vers le N.-O.

III — Sur la présence possible d'ondulations antéhercyniennes dans les Vosges

Cette étude assez difficile semble ne pouvoir guère être abordée qu'en procédant par continuité avec les régions hercyniennes voisines. On sait que des ondulations de la chaîne calédonienne ont été relevées d'abord en Bretagne : 1° plissements postthuro-niens, au précambrien : différents facies de cet étage, phénomènes détritiques consécutifs pendant le cambrien ; 2° plissements calédoniens, entre le gotlandien (schistes à graptolithes) et le dévonien. En Bretagne, ces ondulations étaient presque superposées aux plis hercyniens. (Voir M. BARROIS, *passim*.)

Une région plus rapprochée des Vosges, et qui en est le prolongement hercynien au S.-O., le bord N. du Massif Central porte, d'après M. de Launay, les traces des époques principales de dislocation ⁽³⁾ dont deux antécarbonifères. La première a déterminé la montée du granit dans les anticlinaux et sa pénétration en filons dans les schistes qu'il a modifiés. Puis une deuxième dislocation a fait naître une longue bande de granulite entre Bonnat (Creuse) et Cérilly (Allier). Cet accident d'âge difficile à préciser aurait eu pour conséquence la formation des filons d'étain du Limousin. On sait que le Massif Central est arasé jusqu'aux racines les plus profondes des plis et même par endroits jusqu'au delà de ces racines. Les phénomènes de plissements anciens ne peuvent donc plus y apparaître que par les intrusions granitiques. Qu'il existe des gneiss siluriens dans le Massif Central, c'est possible : cela pourrait expliquer, aussi bien que l'émersion, l'absence de ces dépôts sédimentaires entre la Montagne-Noire et l'Ardenne.

1. Voir BAILY WILLIS, *Congrès géol. internat. de Vienne*, t. II, p. 529, 1903, et *Geological Atlas of the United States*, feuilles relatives aux États de Virginie, Tennessee, Pensylvanie, et *passim*.

2. BERGERON et WEISS, *C. R. Ac. Sc.*, 15 juin 1906.

3. *Bull. Soc. géol. France*, (3) XVI, 1887-1888, p. 1058.

Cependant, la présence de phyllades (Allassac, Donzenac, etc.) montre que, s'il existe, comme cela semble admis pour les Alpes, un métamorphisme régional antédévonien, ce métamorphisme n'a pas affecté également tous les sédiments du Massif Central, pas plus d'ailleurs que ceux des Vosges et de la Forêt-Noire. Quant à la direction même de ces dislocations antécarbonifères du Massif Central, elles semblent esquisser déjà d'assez près celles de la chaîne hercynienne, à en juger par la carte de M. de Launay.

Si maintenant on passe à l'Ardenne, la région voisine du N.-O., on sait, d'après les travaux de M. Gosselet, que, à la fin du silurien, une ondulation (calédonienne) avait créé côte à côte deux synclinaux : celui de Dinant et celui de Namur, réunis seulement à partir du dévonien moyen en un seul bassin de sédimentation.

L'Ardenne a été d'abord plissée pendant le silurien, ce qui fait dire à M. Gosselet (1) : « Pendant que le silurien se déposait en Angleterre, l'Ardenne éprouva des dislocations considérables dont l'ensemble peut porter le nom de ridement de l'Ardenne. Par suite de ces mouvements, les couches acquièrent la disposition inclinée et la structure plissée que nous leur voyons aujourd'hui. »

Les directions qu'elles prirent varient avec leur position géographique primitive. Dans la partie N. du massif de Stavelot : O. 45° S., dans la partie S.-O. 25° S. A l'extrémité E. du massif de Rocroy elle est à l'O. 15° S., à l'extrémité O., O. 10° N. Dans le Condros et le Brabant elle est : O. avec tendance vers le N. On voit que ces directions coïncident presque avec les directions hercyniennes, mais les dislocations qui ont produit postérieurement le chevauchement de l'Ardenne vers le N. ont eu une telle influence sur le redressement de ces couches que leurs pendages primitifs doivent s'en trouver masqués. Ce qui peut donner des renseignements plus précis, c'est l'étude de la discordance du dévonien sur le cambrien.

C'est ainsi qu'à la Roche, à Fépin, on observe le poudingue dévonien presque horizontal sur le cambrien avec plongement de 25° vers le S. à S.-E. Le volume des éléments indique bien des falaises cambriennes.

La discordance sur le massif de Stavelot est moins manifeste,

1. *L'Ardenne*. Paris, Baudry, 1888, p. 152.

mais ne peut cependant pas être mise en doute. Le poudingue gédinnien ne s'y montre qu'en couches presque horizontales et toujours sur les plateaux, « tandis que dans les vallées un peu profondes, on trouve les roches siluriennes avec une direction indépendante et une inclinaison plus ou moins forte » (1).

Le long de la bande du Condros, de même, variations des angles de plongement vers le S. A Ombret, entre Liège et Huy, les schistes siluriens plissés avant l'époque dévonienne plongent en partie vers le N. 10° E. On voit alors le poudingue dévonien reposer sur la tranche des schistes avec l'inclinaison S. 35° E.

Dans le Brabant, plongement S. du dévonien de 5 à 20°, et du silurien voisin, de 75° dans la même direction; donc, discordance moyenne entre les deux de 70° à 55° (2).

Cette discordance a été signalée d'abord par Sauvage et Buvi-gnier, puis par Dumont, puis par MM. Gosselet et Malaise, von Dechen en 1874 et 1883. M. von Lasaulx a émis l'opinion contraire en 1884; il suppose un glissement du poudingue dévonien sur le massif cambrien de Rocroy, d'où résulterait pour l'Ardenne une structure écailleuse. Or, d'après M. Gosselet, les minéraux du poudingue sont toujours empruntés au terrain sous-jacent, ce qui rend peu admissible l'hypothèse de M. von Lasaulx.

D'après le même savant, la pente du massif était, au commencement du dévonien, vers l'E. De ce côté était la mer et de l'autre côté le continent. Le mouvement de bascule en sens inverse ne s'est produit qu'au jurassique.

Cependant, de l'examen local de ces discordances, il serait fort difficile de faire des déductions touchant le plissement calédonien de l'Ardenne et l'allure des différentes crêtes. La carte de la région au début de l'époque dévonienne nous donne heureusement de précieuses indications à ce sujet (3).

Une chaîne de montagnes constituait la presqu'île de Rocroy, où les discordances sont maximum avec le poudingue, reliée par un banc sous-marin à l'îlot de Serpont. Cette arête avait une direction O.-E. 10° à 25° N. Au S., un synclinal, le golfe de Charleville, puis une arête locale à Givonne, et enfin la région alors émergée de la France (qui se liait peut-être au massif monta-

1. DUMONT, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, p. 242.

2. *L'Ardenne*, p. 173.

3. *L'Ardenne*, pl. VII.

gneux du Massif Central). Au N. de cette chaîne de Rocroy, un synclinal, le bassin de Dinant au N.-E. duquel s'étendait l'île de Stavelot, où les plissements du silurien étaient peut-être plus faibles, à en juger par la moindre discordance avec le dévonien. Au nord enfin, la crête montagneuse du Condros, séparée de l'île de Stavelot par le détroit d'Aix-la-Chapelle, et bordant au S. le massif montagneux du Brabant où les terrains siluriens semblent avoir déjà été déjetés vers le N. légèrement O.

Doit-on conclure, comme on serait tenté de le faire *a priori*, que les plissements hercyniens (dinantiens) ont été purement et simplement superposés à ces plissements calédoniens? Non, il n'en est même rien, en bien des points. Ainsi, dans le puits de Caffiers (Boulonnais), on a un plongement du dévonien vers le S.-S.-O., par contre un plongement du silurien de 35 à 45° N.-N.-E. Par contre, si on passe à la région plus méridionale de Douai, on constate au moyen des fossiles un passage presque insensible du silurien au dévonien par stratification concordante (¹).

La crête du Condros semble cependant avoir été déjà un anticlinal et les deux bassins de Dinant et de Namur deux synclinaux. Le ridement du Hainaut consécutif au westphalien fit rejouer le pli du Condros enfui sous les sédiments dévoniens et dinantiens. C'est alors qu'eut lieu le charriage de l'Ardenne par suite duquel les superpositions de plis en position et en direction ont dû être détruites.

Si maintenant on examine le prolongement S.-E. de la mer dévonienne sur la carte de M. Gosselet, on constate que le rivage S. du bras de mer qu'il appelle « bassin de Neufchâteau » passe entre Virton et Longwy, laissant Thionville au S., et que Luxembourg est immergé un peu au S. de l'axe du bassin.

On peut donc dire que les bassins de Dinant et de Namur étaient des branches du géosynclinal calédonien, ainsi que le bassin de Neufchâteau, superposé en partie au golfe de Luxembourg. Quant à la région plus au S., elle constituait une aire anticlinale émergée.

La carte que donne M. de Lapparent (²) diffère un peu de celle

1. Voir GOSSELET, *Les Assises crétaciques et tertiaires dans les fosses et les sondages du nord de la France*. Fasc. I : Région de Douai (*Étude des gîtes minéraux de la France*). Paris, 1904, p. 3.

2. *Traité de géologie*, 1906, p. 843.

de M. Gosselet. Il fait passer sur les Vosges la mer éodévonienne, par suite de la présence de galets à spirifer dans le grès vosgien. Mais ces galets peuvent fort bien venir de la Province Rhénane ainsi que la plupart des quartzites de ces éléments. De plus, il ne semble guère y avoir de terrains autres que les schistes de Steige et de Longemer entre les granits et gneiss anciens et le dévonien (eifélien) des plis de Schirmeck et de Thann.

Un fait pourtant qui ressort de cette rapide étude d'ensemble : c'est que la région bretonne, le N. du Massif Central peut-être et sûrement la région ardennaise, probablement jusqu'au golfe de Luxembourg, étaient englobés dans le géosynclinal calédonien. C'en était peut-être la partie S. Toutes ces régions présentaient de nombreuses rides montagneuses, peut-être moins importantes que celles de la période suivante, à plus grands rayons et sans recouvrements, mais n'en existant pas moins et dont les directions faisaient, en Bretagne et dans l'Ardenne du moins, des angles assez faibles avec celles des plissements hercyniens.

C'est pour la partie S. : géosynclinal lorrain et anticlinal vosgien que les documents nous manquent un peu, surtout en l'absence de dépôts siluriens.

Des études récentes ont montré une certaine analogie de structure entre le bassin de Sarrebruck et l'Ardenne ; à savoir : les terrains du flanc S. d'un anticlinal renversés vers le N. pendant le deuxième soubresaut hercynien, puis charriés par-dessus. L'anticlinal de Sarrebruck (*lothringischer Hauptsattel* de van Werwecke) pourrait donc peut-être jouer par rapport au bassin de Sarrebruck un rôle analogue à la crête du Condros par rapport à l'Ardenne. Il y a d'ailleurs tout lieu de croire que, comme l'arête du Condros, l'anticlinal de Sarrebruck résulterait d'un premier plissement d'âge calédonien. En effet, le bord N. du bassin de Sarrebruck est formé de dévonien et le bord S., de roches cristallophylliennes ou de granit. Cependant, les conglomérats de base du westphalien (*Fettkohlengruppe*) renferment un grand nombre de galets de quartzites verdâtres séréciteux, de phyllades, et même de kieselschiefer ⁽¹⁾ [gotlandien, par analogie avec ceux du

1. LEPPA, *Das Saarbrücker Steinkohlengebirge in der Steinkohlenbergbau des preussischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken*. Berlin, 1904, p. 10.

J'ai moi-même retrouvé toutes ces roches dans les conglomérats houillers qui m'ont été communiqués des sondages de Meurthe-et-Moselle. -

grès vosgien] qui indiquent nettement la présence d'arêtes paléozoïques probablement cambriennes et siluriennes arasées par le westphalien, par suite peut-être émergées pendant le dévonien. L'anticlinal calédonien était-il superposé ou juxtaposé à l'anticlinal hercynien ? C'est un problème qui a de grandes chances de demeurer à jamais insoluble. Toujours est-il que son existence paraît fort probable. On peut objecter que, s'il avait existé une telle arête pendant l'éodévonien, cet étage aurait pris à son voisinage un facies détritique analogue à celui de l'épin. Or, je ferai remarquer que les courants marins de l'époque pouvaient emporter les matériaux vers la mer plus ouverte de l'E. et du N.-E., et que les plus durs peuvent exister à l'état d'éléments dans les grès et conglomérats du coblentzien des provinces rhénanes. De plus, s'il y avait eu destruction sur place pendant le dévonien, cette destruction aurait donné lieu surtout à des grès et conglomérats encore mal cimentés, par suite facilement remaniés par les torrents de l'époque westphalienne.

La question se pose alors de savoir si le premier soubresaut hercynien (de l'époque du culm ou dinantien) a affecté le géosynclinal. Les Vosges ont subi le plissement sans aucun doute, j'ai insisté plus haut sur ce fait. Mais, dans le géosynclinal, la présence de dépôts westphaliens supérieurs indique un calme relatif à partir de cette époque, tout au moins sur le flanc S. de l'anticlinal de Sarrebruck. Les plissements dinantiens du géosynclinal seraient de ce fait peut-être antérieurs à ceux des Vosges.

Si maintenant on passe aux Vosges, on constate que les dépôts les plus anciens du dévonien sont ceux de l'eifélien de Schirmeck qui présentent un facies plutôt argilo-calcaire (grauwacke). Cependant, des fossiles eiféliens ont été trouvés dans une arkose à galets de quartz rappelant les couches de Burnot ; de même sur le revers méridional des Vosges. Il en résulte que ce dévonien moyen prend par endroits un facies détritique, ce qui est encore une preuve en faveur de l'absence du dévonien inférieur. Les assises sous-jacentes se composant plutôt de granits anciens et de gneiss, en mettant à part toutefois les schistes métamorphiques de Longemer et de Villé, il est vraisemblable d'admettre que ce territoire cristallin, s'il s'est plissé à l'époque calédonienne, n'a pu guère acquérir que des ondulations à assez grand rayon de courbure, moins accentuées que celles de la région ardennaise

et luxembourgeoise. Une observation qui serait très intéressante à faire serait celle du contact, ou tout au moins d'une différence d'allure entre les schistes de Villé et le dévonien de Schirmeck. Elle n'a pas été faite et semble presque impossible par suite des intercalations de granit. D'ailleurs, le pli de Villé se composant d'isoclinaux redressés, il semble que le plissement y ait acquis son maximum d'intensité, et que toute trace de dislocation antérieure au premier plissement hercynien ait été effacée.

Quoi qu'il en soit, si l'on se reporte aux contours probables des mers dans la région, on remarque au dévonien inférieur une côte sensiblement N.-O. — S.-E. aux environs de Luxembourg; au dévonien moyen, il semble que la Forêt-Noire et l'Allemagne centrale aient été émergées. On aurait donc eu une côte de direction plutôt N.-S. dans les environs des Vosges (1). Cette direction du rivage serait-elle déterminée par d'anciens plissements soit cambriens, soit ayant joué lors de la chaîne calédonienne?

On peut admettre à la suite de M. Suess, pour ces très anciens plissements, que les bandes de gneiss et de micaschistes en dessinent les flancs et que les granits et granulites injectent les parties les plus profondes des racines. Or, si on examine les gneiss et les granits anciens des Vosges, on trouve d'abord à l'O. le massif des granulites d'Épinal en grande partie caché sous le trias, puis à l'E. la bande de gneiss qui va de Remiremont (4 kilomètres à l'O.) à Bruyères, limitée au N.-O. par la vallée de la Vologne, et au S.-E. par la bande de granulite qui va de Vecoux aux environs de Granges. Cette bande de gneiss a une direction N. 30° E. faisant un angle très marqué vers le N. avec la direction hercynienne. La bande suivante de granulite a sensiblement même direction : elle est d'ailleurs plus récente que le gneiss qu'elle injecte. Puis à l'E. vient un massif assez complexe, le massif cristallin des hautes Vosges contenant au N.-O. l'importante bande de gneiss qui part de l'Envergoutte au S. par Clefcy, La Croix-aux-Mines et va rejoindre les schistes de Villé aux environs de Lubine, avec la même direction N. 30 à 35° E. que les premiers gneiss, avec une très légère virgation vers l'E. à l'extrémité N.-E. A l'E. ensuite, le grand massif de granit envoie une longue apophyse de granit à amphibole sur le flanc E. de cette

1: DE LAPPARENT, *Géologie*, 1906, p. 855 (carte).

bande et parallèlement à elle, suivant le bord gauche de la vallée de Sainte-Marie-aux-Mines. On peut encore remarquer que le massif de granulite, ainsi que les schistes plus ou moins injectés de Longemer et les schistes du Collet, d'aspect plus sédimentaire, ont encore même direction, sinon encore plus S.-N.; de même aussi la bande de gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines. Cette orientation a d'ailleurs déjà été observée et citée par M. Velain (1). Si maintenant on passe à la Forêt-Noire, on remarque que telle est aussi la direction des gneiss de la région du Feldberg et des granits anciens de la chaîne.

Si donc on admet que le gneiss soit d'âge cambrien ou antécambrien (2), on aura un premier plissement (huronien) [3] affectant dans les Vosges une direction moyenne N. 30 à 35° E. accompagné d'un métamorphisme régional antérieur ou postérieur. Lors de la formation de la chaîne calédonienne, ce massif dut rejouer, mais plutôt par ondulations à grand rayon, comme il convient à une masse ayant déjà perdu en grande partie sa plasticité. Ces ondulations s'accompagnèrent de fractures filoniennes avec intrusion de microgranulites, etc. Les granulites, qui injectent les gneiss et les granites, pourraient peut-être être rapportées à cette époque, par analogie avec d'autres parties voisines, dans la chaîne hercynienne. Leur intrusion dans les schistes de Longemer et du Collet de facies cambrien semble être une présomption en faveur de cette opinion. La forme massive et irrégulière de leurs affleurements, avec cependant une tendance à un alignement parallèle aux gneiss anciens, indique que ces culots devaient injecter des racines de dômes larges et irréguliers superposés à des points de moindre résistance de la masse cristalline et démantelés ensuite par les érosions des époques du culm, du permien et du trias.

Ce seraient ces plissements calédoniens qui auraient déterminé l'allure du rivage de la mer dévonienne dans la région des Vosges. C'est peut-être à ces plissements que l'on doit la forme

1. VELAIN, *loc. cit.*

2. Il y aurait dans la vallée de la Liepvre, d'après M. Groth, des gneiss anciens et des gneiss plus récents, injectés eux-mêmes encore par les granulites. Les gneiss cités plus haut appartiendraient à cette dernière variété.

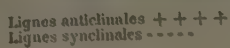
3. Il semble résulter du travail de M. Cohen (*loc. cit.*) que les gneiss de Lubine sont discordants sur les schistes de Villé, ou qu'il existe entre les deux formations une roche éruptive d'intrusion : granite ou granulite.

irrégulière du synclinal dévonien et dinantien de Thann et, en particulier, l'apophyse qu'il envoie au N. dans le granit, au N. et au N.-E. de Wildenstein.

Quelque hypothétiques que soient encore ces considérations, il n'en est pas moins vrai que deux directions de plissements apparaissent dans les Vosges : la plus ancienne — huronienne-calédonienne : N. 20 à 30° E., — la plus récente, celle des deux soubresauts hercyniens, plutôt N. 70 à 80° E. pour le S. (plis de Schœnau), et N. 45 à 50° E. pour les plis du N. des Vosges. Les deux directions : huronienne-calédonienne et hercynienne font dans le centre et le N. des Vosges un angle de près d'une vingtaine de degrés.

Resterait à expliquer pourquoi cet écart, alors que dans d'autres régions, l'Ardenne par exemple, les plissements calédoniens et hercyniens semblent presque superposés. Cette différence, encore qu'assez obscure, me semble tenir à la moindre plasticité des roches. Dans l'Ardenne, les sédiments cambriens et siluriens ne se composent que de schistes susceptibles de former des plis assez aigus dont les charnières ont pu rejouer jusqu'à renversement et chevauchement. Dans les Vosges, au contraire, les plis hercyniens ont affecté un massif relativement rigide, où les plis calédoniens se présentaient sous forme de dômes à rayon de courbure assez grands et consolidés encore par la granulite ; la direction de ces nouveaux plis a donc été déterminée par autre chose que celle des plissements anciens : par exemple par la position relative des granits et des terrains plastiques, ou encore orientée par la réaction des plis plus intenses et préexistants de l'Ardenne et d'autres régions voisines.

Quoi qu'il en soit, l'existence d'ondulations antéhercyniennes dans les Vosges, peut-être d'âge huronien, peut-être d'âge calédonien, ne me semble guère contestable.



RECHERCHES

SUR LA

VALEUR COMPARATIVE DE DIVERS PRODUITS

DESTINÉS A ASSURER LA

CONSERVATION DES BOIS

Par M. E. HENRY

But de ces recherches

En présence de l'extension toujours croissante des dégâts causés aux bois en œuvre, soit par les champignons (*Merulius*, *Physisporus*, *Coniophora*, *Lenzites*, *Trametes*, *Stereum*, *Dædalea*, etc.), soit par les insectes (*Hylotrupes bajulus*, *Vrillettes*, *Termites*, etc.), il y a une utilité évidente à rechercher les moyens les plus efficaces et les moins coûteux que la science met à notre disposition pour prolonger le plus longtemps possible la durée des bois employés dans les constructions, à installer des expériences comparatives et à montrer qu'en ayant soin d'enduire les bois exposés à l'humidité et à l'air confiné avec des antiseptiques reconnus efficaces, on peut faire durer les bois pour ainsi dire indéfiniment, sans s'exposer à de grandes dépenses.

Dans un travail publié en 1902⁽¹⁾ nous disions pour conclure : « En résumé, il semble que si la solution de la première question

1. Voir : « La lutte contre le champignon des maisons. — Expériences récentes » (*Bulletin de la Société des sciences de Nancy*, 1902, p. 89-103, et *Revue des Eaux et Forêts*, 1902, p. 513-521) ainsi qu'un article précédent : « Le *Merulius lacrymans* en Lorraine » (*Bulletin de la Société des sciences de Nancy et Revue des Eaux et Forêts*, 1901).

posée par la *commission internationale*⁽¹⁾ n'est guère avancée⁽²⁾, il n'en est pas de même de la seconde, beaucoup plus importante à vrai dire.

« Qu'importe en effet que les bois employés renferment ou non des spores ou du mycélium, soit de *Merulius*, soit de tout autre champignon lignivore (*Physisporus vaporarius*, *Lenzites*, *Corticium*, *Stereum*, *Daedalea*, etc.), s'il est reconnu, démontré que l'imprégnation par des antiseptiques éprouvés empêche à la fois l'invasion des champignons par le dehors et leur évolution au dedans⁽³⁾ ?

« De ce côté on touche au but ; il n'y a que peu de chose à faire pour convaincre les techniciens et pour restituer au bois la confiance qu'il mérite et qui avait été ébranlée par les nombreux et coûteux accidents dus au *Merulius*.

« Cette question est d'un intérêt pratique incontestable.

« Nous installons en ce moment à l'École forestière des expériences relatives à l'efficacité de divers antiseptiques sur les différentes essences employées dans les constructions, à l'influence de l'état de dessiccation du bois, de la durée et du mode d'imprégnation, relatives aussi à leur action sur la constitution du bois et sa résistance à la rupture, de manière à fournir aux

1. Il s'agit de la *commission* nommée, au sein de l'*Association internationale pour l'essai des matériaux*, en décembre 1898 et chargée de résoudre les deux problèmes suivants d'une importance indéniable pour les propriétaires de maisons, les entrepreneurs, les marchands de bois, les architectes :

1^o Comment peut-on reconnaître, au moment de la réception des bois, s'ils renferment ou non des germes d'infection (spores ou mycélium), en d'autres termes, si l'on a le droit de les refuser comme étant de mauvaise qualité ou si l'on est tenu de les accepter ?

2^o Quels sont les moyens à prendre pour se préserver des attaques du *Merulius lacrymans* ou pour l'empêcher de se développer si les bois le contiennent en germe ?

Cette commission, dont je faisais partie, avait pour président M. FRIEDRICH, conseiller impérial et royal, directeur de la station des recherches forestières de Mariabrunn, près de Vienne (Autriche) et pour vice-président M. TILSCHKEIT, colonel du génie autrichien, directeur des travaux militaires à Vienne.

2. A la question : *Peut-on reconnaître, à sa livraison, qu'un bois est atteint par le Merulius ?* M. BEAUVERIE répond oui (*Le Bois*, p. 398, Paris, Gauthier-Villars, 1905), M. MATHEY répond non (*Traité d'exploitation commerciale des bois*, t. I, p. 195, Paris, Lucien Laveur, 1906). — En 1906, on le voit par ces réponses contradictoires, on n'est pas plus renseigné qu'en 1902. — Ces deux auteurs ont chacun raison. Il est facile de reconnaître qu'un bois est attaqué par le *Merulius* quand il est déjà fortement envahi. Il est impossible au contraire d'affirmer qu'il ne renferme pas dans ses fentes ou à sa surface quelques spores ou quelque début de mycélium de ce champignon, spores ou mycélium qui pourront se développer quand les circonstances deviendront favorables.

3. C'est ce que répète M. BEAUVERIE (*loc. cit.*, p. 405).

architectes, aux entrepreneurs, aux propriétaires des résultats nets, rigoureux qui, dégagés de toute attache mercantile, de tout soupçon de réclame, pourront inspirer pleine et entière confiance. »

Ce sont les premiers résultats de ces expériences comparatives que nous allons exposer.

Comme la biologie des champignons destructeurs du bois, leur mode d'altération des tissus ligneux, mode variable pour chacun d'eux, ont été fort étudiés dans ces derniers temps, on renverra pour tout ce qui concerne ces questions aux ouvrages spéciaux⁽¹⁾ et on se placera exclusivement, pour le moment du moins, au point de vue *pratique*, recherchant simplement quels sont, parmi les antiseptiques mis en essai, ceux qui sont les plus efficaces, les moins coûteux, ceux aussi qui offrent le moins d'inconvénients pour l'emploi à l'intérieur.

C'est, nous le répétons, uniquement le côté *technique*, le plus important pour les *praticiens*, qui va être envisagé.

Il s'agit de déterminer quel est, parmi les produits expérimentés pouvant être appliqués simplement par badigeonnage ou par immersion⁽²⁾, celui qui préservera le plus longtemps de toute

1. Dans son *Étude sur le champignon des maisons* (*Merulius lacrymans*), Lyon, Rey, éd., 1903, M. BEAUVRIE donne la bibliographie qui se rattache à cette question et cite quarante-huit travaux, dus presque tous à des Allemands.

Deux ouvrages français récents résument bien l'état actuel de la science sur ce point : *Le Bois*, par J. BEAUVRIE (Paris, Gauthier-Villars, 1905), où les altérations des bois par les cryptogames (p. 320-442) et les procédés de conservation (p. 591-724) font l'objet de chapitres importants, comme dans le *Traité d'exploitation commerciale des bois*, par Alphonse MATHEY (Paris, Lucien Laveur, 1906).

2. PAULET, dans son *Traité de la conservation des bois* (déjà très ancien, 1874), décrit cent soixante-treize méthodes dont la plupart ont été brevetées et qui peuvent se rattacher aux trois groupes suivants :

1° Par *infiltration naturelle* ou par *déplacement*, applicable aux bois sur pied ou récemment abattus ;

2° Par *pression à l'air libre*, applicable aux bois en grume, ou par *pression en vase clos* applicable aux bois secs (traverses de chemin de fer) ;

3° Par *application sans pression* d'agents antiseptiques (carbonisation, immersion, badigeonnage) pouvant être utilisée pour tous les bois en œuvre, secs ou non.

Il n'est question ici que d'un des modes de préservation dépendant du troisième groupe, le mode par *immersion*. Les autres procédés de ce groupe (carbonisation superficielle, vulcanisation, goudronnage, peinture à l'huile, enduits divers) ne sont pas examinés, bien qu'ils donnent souvent aussi d'excellents résultats.

Dans le mode par immersion il y a à distinguer : 1° l'immersion simple à froid ; 2° l'immersion à chaud (vers 60-70° par exemple) ; 3° l'immersion dans un bain porté à l'ébullition.

C'est l'immersion à chaud qui a été adoptée parce qu'elle peut être réalisée commodé-

altération les principaux bois usités dans les constructions et placés dans les conditions les plus défavorables.

Ces premières expériences ont duré trois ans.

C'est un laps de temps suffisant pour montrer le peu de valeur antiseptique de certains produits; nous verrons que trois ou quatre d'entre eux n'ont pu préserver les bois de la décomposition, même pendant cette courte durée; ils doivent donc être rejetés.

Mais il reste à déterminer quels sont, parmi les autres, ceux dont l'efficacité se maintiendra le plus longtemps.

Aussi nous proposons-nous de continuer ces expériences le plus longtemps possible, en plaçant les bois dans des *pourrissoirs* perfectionnés, pour constater et pour faire connaître celui de ces produits qui sortira victorieux de l'épreuve.

Tout le monde est d'accord pour reconnaître que les bois en œuvre sont de plus en plus exposés aux attaques des champignons et nous avons déjà signalé quelques-unes des causes de cette recrudescence. Est-ce une raison pour renoncer dans les constructions à l'emploi du bois, comme le crient les métallurgistes qui, à chaque accident causé par le *Merulius*, préconisent l'usage du fer, lequel, pour le dire en passant, a déjà donné lieu à beaucoup de mécomptes? Nous ne le pensons pas.

Le bois a sur le métal une telle supériorité, dans la plupart des cas, qu'on l'emploiera toujours. On doit rester convaincu que le bois est la meilleure matière pour les charpentes et qu'il a une durée pour ainsi dire indéfinie, à condition qu'on prenne à son endroit les précautions nécessaires. Ne le fait-on pas pour son rival, le fer, qui ne serait bientôt qu'un amas de rouille si on ne le défendait contre l'humidité?

Qu'on imprègne le bois d'une substance qui s'oppose au développement des champignons et des insectes, comme on recouvre le fer d'une couche de minium qui s'oppose à l'arrivée de l'oxygène, et le bois durera autant que le fer.

Dans tous les exemples de destruction de bois par le *Merulius*⁽¹⁾, il est notoire que le bois a failli uniquement par défaut de

ment, sans crainte d'accidents et que, si l'on opère sur des bois secs, elle donne, dans les conditions où l'on s'est placé, une imbibition complète et des résultats très voisins de ceux qu'on obtient avec l'injection sous pression en vase clos.

1. Voir : « Le Champignon des maisons en Lorraine » (*Revue des Eaux et Forêts*, 1901, p. 65-77).

précaution. Si on l'avait imprégné d'une substance fungicide, l'accident ne se serait pas produit⁽¹⁾.

Les grandes usines, les compagnies de chemins de fer, tous les riches propriétaires emploient à cet effet des installations compliquées et des appareils coûteux dans lesquels l'injection se fait en vase clos par le vide et la pression mécanique et qui donnent d'excellents résultats. Mais le simple particulier ne peut supporter des frais aussi considérables ; il lui faut des procédés simples, tels que l'immersion ou le badigeonnage, à la portée des plus petites bourses.

C'est le cas que nous allons envisager.

Parmi les nombreux antiseptiques tant vantés dans les prospectus-réclames, en est-il qui, appliqués sur les bois pris tels qu'on les emploie d'ordinaire, les préservent, sinon pour toujours, au moins pour très longtemps, de toutes les altérations autres que l'usure par les agents atmosphériques qu'on ne saurait éviter ?

Celui qui montrerait par des expériences scientifiques l'efficacité de tel ou tel ingrédient, qui vulgariserait son emploi, qui arriverait à convaincre les architectes et les entrepreneurs de charpente et de menuiserie qu'il y a des moyens simples d'empêcher l'altération des bois, même placés dans de mauvaises conditions, et qu'il est de leur intérêt évident de les employer, celui-là, disons-nous, rendrait un grand service non seulement aux architectes, responsables pendant dix ans, mais à tous ceux qui emploient des bois de service, c'est-à-dire à tout le monde.

Le but de ces recherches est de donner déjà quelques indications dans ce sens.

Les personnes qui veulent prolonger la durée des bois qu'elles emploient se trouvent en présence d'une foule de produits plus vantés les uns que les autres et n'ont souvent pour se guider dans leur choix que des prospectus, naturellement élogieux, ou des attestations plus ou moins authentiques. C'est insuffisant.

Le seul moyen d'arriver à faire un choix judicieux, raisonné, parmi cette légion de mixtures diverses, est l'emploi de la méthode expérimentale.

1. Les cultures sont aussi plus éprouvées qu'autrefois, la vigne notamment. Renonce-t-on pour cela à cultiver la vigne ? Nullement. On lutte courageusement contre les redoublements d'attaques du mildiou par des sulfatages répétés et l'on arrive à dompter le champignon. Faisons de même pour le bois.

En ne faisant varier qu'une des conditions de l'expérience, la nature de l'antiseptique appliqué sous la forme et la dose les plus recommandées par les fabricants et laissant toutes les autres identiques, nature, provenance, âge des bois, qui devront être pris dans la même tronce, circonstances extérieures favorisant l'altération, durée de l'expérience, en suivant, en un mot, les règles bien connues de l'expérimentation, les différences constatées ne pourront être attribuées qu'à l'élément variable, la nature de l'antiseptique. Seulement alors, on aura des résultats positifs.

Il est vraiment étonnant qu'on n'ait pas encore fait d'essais comparatifs complets sur un point aussi important pour les praticiens; car on ne peut qualifier de tels les quelques résultats ci-dessous indiqués, les seuls qui, à ma connaissance, aient été publiés jusqu'ici.

Je ne veux pas dire par là que les miens soient complets; tant s'en faut. Il ne faut y voir qu'une ébauche, une indication d'expériences qu'il serait très utile de faire en grand et que les ingénieurs, architectes ou constructeurs entreprendront sans doute prochainement. On peut y signaler déjà deux gros défauts.

D'abord les essais n'ont pas porté sur un assez grand nombre d'antiseptiques; beaucoup de produits intéressants ont été laissés de côté⁽¹⁾. En second lieu les essais n'ont pas duré assez longtemps. Il est vrai que nous avons l'intention de les continuer:

Recherches antérieures

Les seules recherches qui aient été faites dans le même esprit que les nôtres, c'est-à-dire dans le but d'apprécier la valeur antiseptique de divers produits en opérant par des procédés simples et peu coûteux (immersion ou badigeonnage) et en comparant, au bout d'une assez longue durée, les bois traités placés dans des conditions identiques, sont les suivantes :

a) Le colonel du génie autrichien TILSCHKERT, vice-président

1. J'ai voulu me limiter aux produits non dangereux, non toxiques, facilement maniables et peu coûteux puisqu'il s'agissait d'opérations simples (badigeonnage ou immersion) devant pouvoir être faites par n'importe qui et à peu de frais. En se bornant à ceux-là et ne choisissant que les antiseptiques ayant déjà fait l'objet de recherches prouvant leur valeur, on arrive au chiffre déjà considérable de cent soixante échantillons; dessécher, peser, imprégner, installer et examiner tous ces spécimens, c'était tout ce qu'il était possible de faire dans le temps laissé disponible.

de la commission du *Merulius*, a fait en 1896 des essais avec un produit nommé *antinonnine*. Les bois badigeonnés avec une solution à 2 % étaient mélangés à d'autres non traités et tous étaient mis en contact avec des bois champignonnés. La conclusion du rapport du colonel TILSCHKERT est celle-ci : « *L'antinonnine*, employée simplement en badigeonnage superficiel, empêche à la fois la pénétration du champignon par le dehors et le développement des spores ou filaments qui peuvent exister dans l'intérieur de la poutre badigeonnée⁽¹⁾. »

b) M. FROMONT, chef de section à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, a fait en 1895 l'expérience comparative suivante :

Un bout de planche de sapin a été coupé en quatre morceaux de 40 centimètres de longueur qui ont été enfoncés jusqu'à mi-hauteur dans un terrain clos de l'administration, le 25 mars 1895, après avoir été imprégnés, l'un de *Carbolineum Avenarius*, le second d'une contrefaçon achetée à Nancy et dite *Carbolineum supra*, le troisième d'un mélange de goudron et de pétrole ; le quatrième morceau fut laissé tel quel.

Ils sont restés exposés aux intempéries jusqu'au 18 juillet 1901, soit pendant plus de six ans. En les extrayant du sol, on a constaté que les deux derniers morceaux dont il vient d'être question étaient complètement pourris, que le second, imprégné avec du *Carbolineum supra*, présentait de grosses taches de pourriture le mettant hors de service, tandis que l'échantillon traité par le *Carbolineum Avenarius* était complètement sain, sans trace d'altération.

c) Expériences de M. DE KNIERIEM⁽²⁾, professeur à la ferme-école de Peterhof, près de Riga.

L'auteur, qui habite un pays où presque toutes les constructions rurales sont en bois, constate l'augmentation toujours croissante du prix des bois de construction et montre qu'une bonne partie des recettes de l'agriculture est absorbée par la réparation de ces constructions. Il y aurait grand intérêt à réduire le

1. Voir, pour plus de détails sur les expériences du colonel TILSCHKERT, l'article : « La lutte contre le champignon des maisons. Expériences récentes. » (*Revue des Eaux et Forêts*, 1902, p. 513-521.)

2. Rapport sur des expériences de conservation des bois faites par le Dr W. von KNIERIEM, professeur à la ferme-école de Peterhof, près de Riga, publié par le Dr KREUSLER, professeur à l'académie agricole de Bonn-Poppelsdorf, dans la *Revue centrale de BIEDERMANN pour la chimie agricole et l'exploitation rationnelle de l'agriculture*, juillet 1901, p. 486-488.

plus possible ces frais de réparation et à trouver des substances peu coûteuses, inoffensives, faciles à employer et telles que le bois, par simple badigeonnage ou par immersion, pût garder ses qualités premières, sinon indéfiniment, du moins très longtemps.

Guidé par ces considérations, l'auteur, écartant les produits dangereux, tels que le sublimé, ou ceux qui nécessitent des appareils compliqués et coûteux, s'est borné à essayer des substances pouvant s'appliquer au pinceau sous forme d'enduits et pénétrant dans les tissus ligneux par simple imprégnation progressive, sans aucune pression. Il prit dans un bloc d'épicéa six morceaux de 46 centimètres de longueur sur 14 centimètres d'équarrissage.

L'un (n° 1) fut badigeonné avec 70 grammes d'huile de carbolin très liquide de la maison Frisch et Cie, de Riga.

Un autre (n° 2) avec 90 grammes d'huile de créosote, de la même maison.

Un autre (n° 3) avec 130 grammes de goudron de créosote, liquide épais, de la même maison.

Un autre (n° 4) avec 100 grammes de *Carbolineum Avenarius*.

Un autre (n° 5) fut percé d'un trou dans lequel on versa une dissolution contenant 40 grammes de sulfate de cuivre et qu'on reboucha aussitôt.

Enfin le dernier (n° 6) ne reçut aucune peinture et servit de témoin.

Les morceaux de bois furent enterrés dans un sol sableux de façon que la partie supérieure affleurât. Après cinq ans, ils furent extraits du sol et on constata que le n° 4, traité au *Carbolineum Avenarius*, était le seul qui fût resté complètement sain. Il était même plus dur qu'au début. Après lui venait le morceau n° 2 ; les n°s 1 et 3 étaient moins bien conservés. Le morceau n° 5, traité au sulfate de cuivre, était déjà très fortement attaqué. Quant au n° 6, qui avait été enfoui tel quel, il était, quand on le déterra, presque complètement pourri.

d) En 1902, M. G. WESENBERG (1) fit des essais comparatifs sur l'action microbicide des produits suivants :

1. Voir le *Centralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten*, VIII^e volume, 1902, n° 20, traduit en français dans les *Annales de la Science agronomique française et étrangère*, 1904, t. II. Imprimerie Berger-Levrault et Cie, Paris et Nancy.

1° L'antigermine, de la fabrique de couleurs Fr. Bayer et C^{ie}, à Elberfeld ;

2° Le microsol, de la fabrique de couleurs Rosenzweig et Baumann, de Cassel ;

3° L'afral, de la fabrique de produits chimiques de Heyden, près Dresde ;

4° Le mycélicide, de la fabrique de couleurs Fretzdorff et C^{ie}, à Berlin ;

5° L'antiformine, d'Oscar Kühn, à Berlin.

L'afral et le mycélicide s'étant, dès le début, montrés fort peu actifs, l'auteur continua ses recherches seulement sur l'antigermine, le microsol et l'antiformine et conclut en faveur de l'antigermine.

« Une destruction rapide et complète des divers microorganismes, dit-il, n'est obtenue par l'antiformine que dans certaines circonstances (absence de matières organiques). Parmi les produits qui ont toujours une action sûre, l'antigermine occupe la première place, puis vient le microsol. Quant à l'afral et au mycélicide, on doit leur refuser absolument un pouvoir désinfectant utile.

« Contre le champignon des caves (*Merulius*), l'antigermine est le seul produit qui, à la dose de 1/2 ‰, empêche tout développement de champignon sur le bois, puis vient l'antinonine à 1 ‰ ; les autres composés, même avec cette concentration, n'ont produit aucun effet.

« En présence de l'air, l'antigermine et le microsol ne s'altèrent pas ; mais l'antiformine se détruit facilement et devient sans action.

« Un produit facilement soluble dans l'eau, comme le microsol et l'afral, est naturellement très vite enlevé des surfaces badigeonnées quand il pleut et n'a plus d'effet désinfectant, tandis qu'un composé difficilement soluble, tel que l'antigermine, qui doit être employée à la façon d'un lait de chaux en remuant souvent pour mélanger le dépôt, résistera bien plus longtemps et gardera son pouvoir désinfectant. »

Nous verrons plus loin que cette assertion est inexacte en ce qui concerne le microsol ; tous les échantillons de bois immergés pendant vingt-quatre heures dans une solution à 4 ‰ et laissés ensuite pendant trois ans exposés aux intempéries, étaient, après

ce long laps de temps, aussi sains que le premier jour, même le peuplier, si altérable pourtant.

e) En 1904, la station de recherches forestières de Mariabrunn expérimenta le microsol (H 1903) en solutions aqueuses de concentration diverse, $1/4$ ‰, $1/2$ ‰, 1 ‰, 1,5 ‰ et 2 ‰, au point de vue de ses qualités fungicides.

Les conclusions des expériences faites par le docteur CIESLAR sur des épicéas de deux provenances (Wienerwald et Erzgebirge), et dans des conditions rigoureusement identiques, sont les suivantes :

« Le bois des épicéas des deux provenances (Wienerwald et Erzgebirge) est, dans les conditions où l'on s'est placé, complètement préservé de l'attaque du *Merulius* par un badigeonnage avec une solution de microsol à 1,5 ‰.

« Avec des badigeonnages de concentration moindre, les deux sortes d'épicéas se sont comportées différemment ; le bois du Wienerwald, plus léger, plus poreux, a absorbé le microsol en plus grande quantité et a été par suite mieux préservé que le bois plus dense de l'Erzgebirge. Pour le bois du Wienerwald, la dose de 1 ‰ et même de $1/2$ ‰ a été suffisante.

« Les revêtements mycéliens étaient toujours très secs, peu vigoureux ; ils s'enlevaient facilement et complètement avec le couteau, ce qui montre que le badigeonnage est un très sérieux obstacle à la pénétration du mycélium du mэрule.

« En tout cas, la préparation microsol II de 1903 de la firme *Eduard Lutz et C^{ie}* à Vienne se présente avec de très fortes qualités fungicides, et il semble établi qu'une solution aqueuse à 1,5 ‰ suffit pour protéger le bois d'épicéa contre les attaques du mэрule. »

Il est bien certain, comme l'attestent les nombreux certificats publiés dans les prospectus des divers fabricants, que beaucoup d'autres essais ont été faits par des praticiens expérimentant pour leur propre compte tel ou tel produit. Ceux-ci ont souvent informé le fabricant du résultat obtenu et de leur opinion sur la valeur du produit. Mais on comprend que nous ne puissions tenir compte ici de tous ces documents.

Des essais comparatifs faits avec méthode et dans un esprit scientifique, publiés dans des recueils n'ayant aucune attache mercantile, ont seuls de la valeur.

Nous ne saurions trop répéter qu'il ne s'agit nullement ici des expériences très nombreuses faites par les ingénieurs sur les procédés et les matières d'injection et publiées dans les recueils spéciaux (1).

Qualités d'un bon antiseptique

1° Le produit doit, avant tout, être inaltérable et contenir des éléments qui non seulement détruisent les germes animaux ou végétaux préexistants, mais encore s'opposent — *indéfiniment s'il se peut* — au développement de ceux qui peuvent venir de l'extérieur (2);

2° Un bon antiseptique ne doit pas altérer la force de résistance ni les autres qualités physiques (élasticité, dureté, etc.) des tissus ligneux; il doit ou les laisser en l'état ou les améliorer;

3° Il faut que la substance pénètre facilement dans le bois, remplissant les lumens des vaisseaux, imprégnant les membranes des cellules, mais, en outre, qu'elle s'y fixe, en partie du moins; il faut qu'après des lixiviations prolongées les tissus restent garantis contre l'invasion des spores ou des insectes;

4° Il est absolument nécessaire que le produit ne soit ni toxique ni dangereux à manier, pour quelque raison que ce soit, surtout s'il doit être d'un emploi général;

5° Sa composition doit être constante et bien définie afin que l'on soit sûr des résultats de l'opération;

6° Il est bon, dans certains cas surtout (emploi à l'intérieur des habitations), qu'il n'ait pas d'odeur forte ou désagréable per-

1. Citons, par exemple, dans la *Revue générale des Chemins de fer*, un article de M. EUVERTE (1895) sur les procédés employés pour l'injection des traverses; la remarquable et si fouillée étude de M. DUFAUX (même recueil 1898), modestement intitulée « Note sur la préparation des traverses à la Compagnie des chemins de fer de l'Est »; un article de M. HEINZERLING : « Die Konservierung des Holzes », dans *Mitteilungen des Ung. Ingenieur- und Architekten-Vereins*, 1900 et 1901, etc., etc.

2. La décomposition ou la rupture des tissus ligneux sous l'action des bactéries, des champignons ou des insectes sont les causes uniques qui accélèrent la désorganisation des bois en œuvre; contre ces êtres l'homme peut se défendre par l'emploi des antiseptiques. Mais il y a une autre cause d'altération, excessivement lente il est vrai, contre laquelle nous ne pouvons rien, c'est l'usure atmosphérique, pour les bois exposés à l'air. Les zones plus tendres de bois de printemps de chaque anneau ligneux se corrodent, se creusent sous l'action purement physique de l'air, faisant de plus en plus saillir les zones plus dures de bois d'été. Ceci ne peut évidemment se présenter que dans les bois à structure hétérogène (chêne, pin, sapin) où le bois de printemps diffère sensiblement de celui qui se fabrique en été.

sistante et qu'il ne change pas — ou à peine — la coloration du bois ;

7° Enfin, il faut qu'il soit d'un prix assez faible pour qu'il y ait intérêt à l'employer plutôt qu'à remplacer les bois avariés.

Produits expérimentés

Pour ces essais comparatifs, il était tout d'abord indiqué de se servir des produits déjà expérimentés précédemment, puisqu'ils étaient réputés les plus efficaces et que leur valeur réelle ou vantée les avait tout d'abord désignés à l'attention. On a donc opéré sur les produits suivants :

- 1° *Carbolineum Avenarius* ;
- 2° *Carbolineum* — marque du Lion ;
- 3° Goudron des usines à gaz ;
- 4° Microsol ;
- 5° Antinonnine ;
- 6° Antigermine ;
- 7° Lysol ;
- 8° Acide fluorhydrique.

Dans les essais de M. FROMONT, comme dans ceux de M. DE KNIERIEM, le *Carbolineum Avenarius* s'est montré le plus efficace ; on a voulu s'assurer encore une fois de sa supériorité en le comparant à un autre produit similaire, le *Carbolineum*, dit du *Lion*, qui est souvent employé à Nancy.

Le *goudron*, depuis si longtemps usité, devait évidemment être aussi mis à l'essai ; les carbolineums, carbonyles, carburinols, carbonéines, créosotyles, etc., sont essentiellement des huiles de goudron, plus ou moins analogues à la créosote brute.

Les résultats obtenus par la station de recherches forestières de Mariabrunn (Autriche) et par M. WESENBERG incitaient à expérimenter le *microsol*, qui avait accusé dans les deux expériences de grandes qualités antiseptiques, et l'*antigermine* que M. WESENBERG met au premier rang⁽¹⁾. Celui-ci a essayé aussi l'*antinonnine*, produit depuis longtemps éprouvé, dit-il. Comme, en solution à 1 %, il s'est montré un préservatif efficace contre l'infection par le

1. Trois autres produits, l'*afral*, le *mycélicide*, l'*antiformine*, n'ont pas été mis en essai à cause des mauvais résultats qu'ils ont donnés entre les mains de M. WESENBERG.

Merulius, toujours d'après M. WESENBERG, il a été mis aussi en expérience.

Le *lysol*, très vanté pour ses propriétés antiseptiques, pour sa force microbicide, a été également compris dans la liste des produits à expérimenter.

Quant à l'*acide fluorhydrique*, dont le nom ne figure point parmi les substances employées pour la préservation des bois, c'est à la suite d'indications données par un membre de la commission du *Merulius* que nous l'avons expérimenté.

Beaucoup d'autres produits ont été utilisés ou fabriqués en vue de la conservation des bois en œuvre ; on en invente chaque jour de nouveaux ⁽¹⁾.

Nous avons dû nous borner à ceux qui étaient recommandés, à l'époque de nos essais, comme étant à la fois parmi les plus efficaces, les moins coûteux et les moins dangereux à employer ⁽²⁾.

Carbolineum Avenarius. Les produits désignés dans le commerce sous les noms de *carbolineum*, *carburinol*, *carbonyle*, *carbonéine*, *lysol*, sont extraits du goudron de houille et contiennent de la créosote. La marque *Avenarius*, lancée dans le commerce en 1875 par M. Avenarius, son inventeur, se distingue par sa grande densité (1,128 à 17°), sa viscosité. Ce produit ne commence à distiller qu'à 230° ; il pénètre profondément dans les tissus ligneux qu'il imprègne de telle façon que les pluies ou l'action de l'air ne peuvent plus l'en séparer. C'est la marque la plus estimée ⁽³⁾.

D'après une analyse du docteur Filsinger, chimiste à Dresde, le *Carbolineum Avenarius* aurait les propriétés suivantes :

Couleur : rouge brun ;

Densité à 17° = 1,128 ;

1. M. BEAUVERIE, dans son récent ouvrage *Le Bois*, déjà cité, énumère (p. 622-724) les très nombreux procédés utilisant des actions antiseptiques et donne (p. 672) un tableau résumé des substances employées pour la préservation des bois, dans lequel figurent quarante-six produits.

Il y en a beaucoup plus.

Consulter aussi le chapitre *Procédés artificiels de conservation* (p. 213-253) du *Traité d'exploitation commerciale des bois*, par A. MATHEY.

2. C'est pourquoi le sublimé, microbicide des plus énergiques, n'a pas été essayé, son emploi étant trop dangereux. Le chlorure de zinc, préservatif reconnu très efficace au moins pour les bois à l'abri de la pluie, aurait dû être expérimenté, quoiqu'il ne soit guère en faveur en France.

3. Le concessionnaire de ce produit est pour la France M. Vallet, à Lorquin (Lorraine).

Viscosité à la même température, l'eau étant prise comme unité = 10 ;

Matières minérales (cendres) = 0,03 ;

Brûle d'une manière continue vers 190° ;

Ne commence à distiller qu'à 230° ;

De 230° à 270° il passe à la distillation 10,6 % en volume ;

De 270° à 300° il passe à la distillation 12,2 % en volume.

Le résidu de la distillation est un liquide épais, limpide, rouge brun.

Des bois immergés dans le *Carbolineum Avenarius* et laissés à l'abri pendant quatre ans présentent à leur surface de nombreuses petites lamelles brillantes, blanches. M. le professeur KLOBB, de l'École supérieure de pharmacie de Nancy, a bien voulu les analyser. Voici ce qu'il en dit :

« On a pu recueillir une faible quantité de ces paillettes et en prendre le point de fusion qui a été trouvé de 98°. On pouvait penser *a priori* que ces cristaux seraient de la naphthaline, hydrocarbure qui abonde dans les huiles de goudron de houille ; mais la naphthaline fond à 79°. En revanche il existe dans les huiles de goudron passant entre 250° et 400° un autre hydrocarbure, le phénanthrène, $C^{14}H^{10}$, qui a précisément ce point de fusion. En même temps que cet essai, nous en faisons un autre sur un dépôt formé dans un bidon de ce même carbolineum. Ce dépôt, formé de cristaux empâtés dans un produit huileux, a été essoré ; puis on l'a purifié par cristallisation dans l'alcool bouillant en présence de noir animal. Les nouveaux cristaux incolores obtenus fondent à 98° comme ceux qui avaient été récoltés à la surface des bois. Ils sont comme eux insolubles dans la soude caustique.

« Pour caractériser le phénanthrène on a formé son picrate, qui cristallise de l'alcool en longues aiguilles orangées, et on a pris le point de fusion de son picrate qui a été trouvé voisin de 140°. Le picrate de phénanthrène fond à 143°.

« Une préparation de picrate faite avec du phénanthrène pur a donné des cristaux absolument identiques et ayant le même point de fusion. Cette identification permet de conclure au phénanthrène, à l'exclusion des autres hydrocarbures des huiles lourdes (anthracène, etc.). »

Le *Carbolineum*, marque du Lion, est un produit similaire, moins dense et moins visqueux.

Le goudron a été pris à l'usine à gaz de Nancy.

Le microsol que nous avons employé provenait de la maison Rosenzweig et Baumann, de Cassel (*). C'est une masse pâteuse verte (2), soluble dans l'eau, essentiellement formée de sulfate de cuivre uni à quelque peu de matière organique (3).

L'antinonnine, livrée par la Société anonyme des produits Fréd. Bayer et C^{ie} (24, rue d'Enghien, à Paris), est un dinitrocrésylate de potasse dont l'efficacité est vantée par divers expérimentateurs, notamment par M. WESENBERG (voir plus haut). Les bois se colorent en jaune vif.

L'antigermine, vendue également par la maison Fréd. Bayer, est une mixture d'une belle teinte verte. Ce produit est, comme le précédent et comme le suivant, un dérivé de la créosote.

Le lysol est une solution de crésylol dans du savon. Il est complètement soluble dans l'eau (4). Il a été fourni par la Société française du lysol. La solution employée était absolument neutre.

L'acide fluorhydrique de nos essais est l'acide du commerce en usage dans les verreries.

Bois soumis aux essais

Les bois soumis à l'essai ont été choisis parmi ceux qui sont le

1. Il est fourni en France par la fabrique de peintures *Le Vitralin*, A. Freitag et C^{ie}, 155, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.

2. Le produit qu'a envoyé en 1903 la maison Rosenzweig et Baumann, de Cassel, était une pâte d'une teinte vert-de-gris. Il est probable qu'elle fabrique diverses mixtures auxquelles elle applique ce nom; car dans les essais relatés plus haut, le docteur Cieslar décrit le *mycosol H* de 1903 comme étant une masse brun rouge; c'était donc un produit différent, par la couleur tout au moins, de celui que j'ai expérimenté. La solution à 4 % est d'un beau vert, nettement acide; le sulfate de cuivre est bleu; mais l'addition de la créosote (ou produit voisin) a fait virer au vert; les bois blancs (sapin, peuplier) sortent de la solution sans être sensiblement colorés.

3. L'analyse de ce produit, faite par M. le professeur ARTH, directeur de l'Institut chimique de Nancy, a donné environ 70 % de sulfate de cuivre cristallisé et pulvérisé; du sulfate de soude, du sulfate de chaux, de la silice libre en quantité assez faible; un sel de cuivre d'un phénol sulfo-conjugué provenant probablement des produits de la distillation du bois.

4. « Le lysol, écrit M. H. DE PARVILLE, passe pour être le roi des antiseptiques, l'antiseptique général par excellence... On peut résumer les essais de MM. GERLACH et SCHOTTELIUS en disant qu'avec une dose de 3 grammes par litre de lysol, on assure la désinfection des matières septiques les plus résistantes. » « Le crésylol, dit le docteur TISON, est un excellent microbicide et, à la dose de 0,30 %, il a le même pouvoir antiseptique qu'une solution de sublimé à 0,25 %, mais sans en avoir la toxicité et les inconvénients. On rend le crésylol soluble en l'incorporant à un savon alcalin. C'est ce produit qu'on appelle le lysol. » Il n'a jamais été préconisé pour l'antisepsie des bois en œuvre; mais il était bon d'essayer, vu la renommée de cet antiseptique.

plus communément employés dans les constructions ou pour les meubles. Ce sont :

Le sapin (*Abies pectinata*);

Le pin (*Pinus*);

Le chêne (*Quercus robur*);

Le hêtre (*Fagus sylvatica*);

Le peuplier (*Populus*).

Le sapin, le hêtre et le peuplier ont été débités en cubes de 0^m,15 de côté rabotés sur toutes les faces. Le chêne et le pin ont été découpés en demi-rondelles de 0^m,15 à 0^m,18 de diamètre et 0^m,15 de hauteur. Tous ces bois provenaient de Lorraine, sauf le pin, qui était du pin d'Alep d'origine algérienne.

Pris dans la même poutre, débités à l'état de bois vert, les échantillons ont été desséchés d'abord à l'air, puis à l'étuve, tous dans les mêmes conditions, pour qu'en les pesant aussi de la même façon, à la fin de l'expérience, on possède des données sur la grandeur relative des pertes en tissus ligneux. On a préparé trente échantillons de chaque essence. Le sapin et le peuplier, desséchés pendant six jours à l'étuve, ont subi des températures de plus en plus élevées qui n'ont pas dépassé 85°.

Les bois des autres essences ont été soumis à la dessiccation dans des chambres chauffées.

Après que tous les cubes d'essai eurent été desséchés de la même façon, ils furent immergés dans les diverses solutions antiseptiques de telle manière qu'elles pussent agir toutes *dans des conditions rigoureusement identiques* et que les résultats fussent susceptibles d'être *facilement contrôlés*.

Le chêne et le pin avaient donc tout leur aubier; les échantillons de sapin et de peuplier renfermaient le cœur de l'arbre, mais pas ceux de hêtre, qui ont été pris dans la poutre en dehors du centre.

Mode d'imprégnation

Le motif de ces recherches étant *d'aider à établir la valeur comparative* des principaux antiseptiques qu'on peut employer sans appareil coûteux, simplement par immersion ou badigeonnage, il fallait d'abord choisir l'un ou l'autre de ces procédés d'application. On s'est décidé à opérer d'abord par immersion

pour les deux motifs suivants : ce procédé est très fréquemment utilisé ; c'est le plus rapide. Rien n'est plus simple que de plonger les bois qui ne sont pas trop lourds à manier ni trop volumineux (échalas, pieux, lattes, planches, chevrons, même traverses de chemin de fer^[1]) dans des récipients contenant la solution antiseptique. En second lieu, on est, par ce moyen, bien plus sûr qu'avec des badigeonnages de placer tous les bois en expérience dans des conditions identiques, faciles à retrouver si l'on veut contrôler les résultats.

Les bois, desséchés comme il vient d'être dit, furent plongés pendant un jour dans les solutions suivantes chauffées au bain-marie à 60° pendant quelques heures, puis qu'on laissa refroidir.

Le *Carbolineum Avenarius* et le carbolineum — marque du Lion — furent employés tels quels, ainsi que le goudron qui provenait de l'usine à gaz de Nancy.

Le microsol, sous forme d'une pâte vert tendre, fut dissous dans l'eau chaude et les échantillons séjournèrent vingt-quatre heures dans une solution à 4 ‰, la plus concentrée que l'on doive employer⁽²⁾.

Quant à l'antinonnine, elle a été aussi expérimentée à la dose la plus élevée que recommande le fabricant, soit à la dose de 2 ‰.

L'antinonnine se présente sous la forme d'une pâte visqueuse rouge, tandis que l'antigermine, plus fluide encore, est verte. Celle-ci a été utilisée à la concentration d'un peu plus de 2 ‰, qui est la dose recommandée par la maison Fréd. Bayer. Le lysol s'emploie à la dose maxima de 5 ‰ pour les badigeonnages des bois et des écorces ; afin d'avoir une solution aussi efficace que possible, les bois en expérience ont été plongés pendant deux jours dans de l'eau contenant 10 ‰ de lysol en solution neutre.

Ils sont restés le même temps dans une solution d'acide fluorhydrique du commerce à 20 ‰.

1. Les 70 000 traverses du chemin de fer de Toul à Thiaucourt ont été en 1907 imprégnées de *Carbolineum Avenarius* par simple immersion à l'air libre. Ces traverses en cœur de chêne (avec la tolérance habituelle pour l'aubier) mesuraient 1^m,70 de longueur, 18 centimètres de largeur de semelle et 12 centimètres de hauteur ; elles ont été plongées pendant une demi-heure dans le carbolineum chauffé.

2. « Pour des invasions très rapides de *Merulius*, disent les instructions, il est mieux d'employer moins d'eau afin d'augmenter l'action désinfectante de la solution ; on prend alors une solution à 3 ou 4 ‰ et l'on n'ajoute pas de chaux. » C'est ce qu'on a fait.

Après l'immersion, les bois plongés dans les carbolineums avaient la teinte brune bien connue.

En sortant de la solution de microsol, les bois n'étaient pas sensiblement colorés, bien que la dissolution, très riche en sulfate de cuivre, fût franchement glauque. Mais avec l'ammoniaque ou le prussiate jaune de potasse il était facile de s'assurer que le cuivre avait pénétré jusqu'au cœur du sapin ou du peuplier. Dans l'antinonnine les bois avaient pris une belle coloration jaune.

Il est inutile de dire que les bois plongés dans le lysol ou l'acide fluorhydrique avaient gardé leur teinte primitive.

Vitesse d'imprégnation

Il est certain que cette longue durée d'immersion (vingt-quatre heures), adoptée dans le but de faire fonctionner les produits dans les meilleures conditions, pourrait être très notablement réduite sans inconvénient, comme le montrent les essais suivants :

a) *Carbolineums chauffés vers 60°.*

1° Du bois vert de hêtre et de charme a été desséché vingt-quatre heures à l'étuve à 60-90°. Plongé *pendant cinq heures* dans du carbolineum à 60°, ce bois (vert ou sec) est imprégné jusqu'au centre et la coloration se montre de suite sur ces fragments de planches ayant 27 millimètres d'épaisseur.

2° Du hêtre (bois bien desséché à l'air) a été mis *pendant dix minutes* dans du carbolineum à 60°; le bois est complètement injecté et la teinte apparaît aussitôt dans toute la masse.

3° Des fragments de planches de sapin immergés *pendant cinq minutes* et examinés quatre jours après sont imprégnés jusqu'au cœur, mais guère mieux que ceux dont l'immersion n'a duré *qu'une minute*.

b) *Carbolineums à la température ordinaire (vers 18°).*

Des planches en bois de hêtre bien sec de 27 millimètres d'épaisseur et de 9 × 9 centimètres de surface s'imprègnent entièrement après un très court séjour (de *trois à dix minutes*) dans le carbolineum à la température ordinaire, à condition qu'on n'examine l'intérieur de la planche qu'au bout d'un mois environ; car l'imprégnation se fait peu à peu de proche en proche

et la coloration brune caractéristique finit par envahir toute la masse⁽¹⁾.

Un autre fragment de planche semblable plongé dans le *Carbolinum Avenarius* pendant vingt-huit heures n'a été imprégné jusqu'au centre que huit jours après⁽²⁾.

Il en est de même du sapin. Le cœur de chêne dans le carbolinum même chauffé ne s'imprègne pas sensiblement à la pression ordinaire, tandis que l'aubier absorbe très bien le carbolinum ou la créosote, même à froid. Voici du reste les résultats de quelques essais d'absorption de carbolinum par un certain nombre de bois pris tous à l'état de dessiccation maximum à l'air libre.

Feuillus. — On a foré dans vingt-huit échantillons de divers bois des trous de 34 millimètres de profondeur et 9 millimètres de diamètre qu'on a remplis en même temps de *Carbolinum Avenarius*, et l'on mesurait de temps en temps le nombre de millimètres absorbés dans ces trous pratiqués parallèlement au fil du bois sur une section transversale.

Les bois à gros vaisseaux n'absorbent pour ainsi dire rien dans leur duramen, à cause des amas de cellules (thylles) ou des petites masses de gomme de bois qui obstruent les lumens des vaisseaux. Ceux-ci ont cependant quelquefois près de 1 demi-millimètre de diamètre. Ainsi, chêne rouvre, chêne rouge, orme de montagne, robinier, frêne n'ont absorbé en sept jours de cette colonne liquide de 34 millimètres qu'une fraction variant de 3 à 5 millimètres; c'est vraiment insignifiant⁽³⁾.

Les bois à vaisseaux fins sont bien plus aptes à l'imprégnation. Ainsi, quatre heures après le remplissage, le hêtre, qui n'a que des vaisseaux fins, avait absorbé ces 34 millimètres déjà depuis

1. Cet échantillon ($9^{\text{cm}} \times 9^{\text{cm}} \times 2^{\text{cm}},7$) n'a eu toute sa masse colorée qu'au bout d'un mois et, en marquant chaque semaine les limites de la partie colorée sur des fragments fraîchement fendus, on pouvait suivre jour par jour les progrès.

2. Il a absorbé dans ces conditions (bois desséché à l'air, immergé vingt-huit heures dans le carbolinum à température ordinaire) 19 grammes pour un poids de 144 grammes et un volume de 207 millimètres cubes, ce qui correspond à 92 kilogr. ou litres au mètre cube. Or si la compagnie des chemins de fer de l'Est injecte les traverses de hêtre à raison de 300 litres par mètre cube, la compagnie du Nord adoptait une dose moitié moindre. Le fragment a donc absorbé le tiers de ce que la compagnie de l'Est fait absorber après étuvage et sous la pression de 5 atmosphères. Il peut très bien se faire que cette dose soit suffisante.

3. Même fait a été constaté pour le févier, l'ailante, le châtaignier, le noyer, tandis que l'aubier de ce dernier s'imprègne facilement.

quelque temps, le peuplier tremble ne laissait plus que 1 millimètre au fond du godet ; coudrier, platane, alisier torminal avaient fait disparaître respectivement 16, 13 et 10 millimètres ; charme, alisier blanc, aubépine, bouleau 9 millimètres, sorbier domestique 7 millimètres.

Vingt-quatre heures après le remplissage, le liquide versé dans les bois de hêtre, tremble, coudrier, platane avait entièrement disparu ; les alisiers, le charme, l'aubépine, le bouleau, le peuplier pyramidal avaient absorbé de 20 à 26 millimètres, les érables et le sorbier domestique de 10 à 16 millimètres, le houx 7 millimètres, le cerisier 4 millimètres et le saule marceau 2 millimètres seulement (¹).

Deux jours après, l'aubépine, le peuplier pyramidal, les alisiers, le charme, le bouleau avaient tout consommé.

Au bout de sept jours, les érables champêtre, plane et sycomore et le sorbier domestique avaient absorbé les 2^{cm3},5 de carbolineum représentant le volume du trou pratiqué, tandis que le houx n'en avait pris que 23 millimètres, le cerisier 12 millimètres et le saule marceau 4 millimètres.

« On peut (²), sous le rapport de la grosseur des vaisseaux, grouper les principaux bois comme il suit :

« 1° *Vaisseaux très gros*. — Chênes à feuilles caduques ; châtaignier ;

« 2° *Vaisseaux gros*. — Orme, frêne, robinier, mûrier, micoulier, noyer ;

« 3° *Vaisseaux assez gros*. — Bouleau, peupliers ;

« 4° *Vaisseaux fins*. — Érables, aunes, charme, coudrier, hêtre, platane, cerisiers, pruniers, tilleuls, marronnier, saules ;

« 5° *Vaisseaux très fins*. — Pommiers, poiriers, alisiers, sorbiers. »

Tous les bois des deux premières catégories qui ont été essayés (chêne rouvre, chêne rouge, châtaignier, orme, frêne, robinier, noyer, auxquels on peut ajouter l'ailante et le févier à trois épines)

1. Cette grande différence de faculté d'imbibition entre deux bois de texture aussi semblable que ceux des saules et des peupliers a de quoi surprendre. Voulant m'assurer que la première constatation n'était pas un fait accidentel, j'ai recommencé sur les grands échantillons de la collection de l'École et j'ai encore trouvé une imbibition à peu près nulle pour le saule marceau, très forte pour le peuplier tremble et le peuplier pyramidal.

2. *Flore forestière*, par A. MATHIEU, 4^e édition, 1897, p. 668.

se refusent à absorber dans leur duramen⁽¹⁾ le *Carbolineum Avenarius* à la pression et à la température ordinaires. Ceci est dû, en grande partie, à la présence des thylls qui obstruent le lumen des vaisseaux.

Tous les bois des trois autres catégories, sauf le saule marceau, se sont montrés, dans ces mêmes conditions, plus ou moins absorbants. Celui qui possède la plus grande faculté d'imbibition est, sans conteste, le hêtre. Après lui viennent les peupliers, le platane, le coudrier, puis le charme, le bouleau, les alisiers (blanc et torminal), l'aubépine⁽²⁾. Un autre groupe serait formé par les érables et le sorbier domestique. Enfin, le cerisier, mais surtout le saule marceau se sont montrés les plus rebelles à l'imprégnation. Pas n'est besoin d'ajouter qu'il ne s'agit ici que de simples indications et qu'on ne doit pas considérer l'ordre ci-dessus comme rigoureux et immuable. C'est le résultat fourni par une seule série d'échantillons; avec d'autres différant par la densité, par la largeur des couches, par leur âge, par le contournement des fibres, on aurait probablement obtenu une liste quelque peu différente.

Résineux. — La vitesse d'imprégnation a été déterminée dans les mêmes conditions que ci-dessus chez le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le pin de montagne.

Quatre heures après le remplissage des trous à paroi lisse forés dans le bois jusqu'à 34 millimètres de profondeur, avec un diamètre de 9 millimètres, le sapin avait tout absorbé, le pin de montagne et le pin sylvestre de Norvège, tous deux à accroissements très minces, avaient absorbé 9 millimètres et le bois d'épicéa s'était montré le plus rebelle⁽³⁾.

Vingt-quatre heures après le remplissage, l'absorption s'était élevée à 27 millimètres pour le pin sylvestre, à 19 millimètres pour le pin de montagne et à 4 millimètres seulement pour l'épicéa.

Cette différence si frappante dans la faculté d'imprégnation de

1. L'aubier des chênes pédonculé, yeuse, liège, du noyer noir, du noyer commun absorbent bien le carbolineum; il y a pourtant quelques anomalies: l'aubier d'un yeuse de l'Hérault (n° 102) n'a pas absorbé, tandis que même le cœur d'un yeuse de Corse (n° 113) a peu à peu résorbé la liqueur.

2. On a constaté aussi que l'aune blanc, l'aune glutineux, le marronnier s'imprégnaient facilement: mais de tous les bois indigènes c'est celui du buis qui est le plus rebelle. Peu de bois exotiques ont été essayés; le *Quebraco colorado* se refuse à toute absorption.

3. A tel point qu'au bout de huit jours il restait encore 6 millimètres de liquide au fond du trou.

deux bois d'une texture si semblable⁽¹⁾ est-elle un fait accidentel ou, au contraire, est-elle constante et caractéristique de l'espèce ? Quatre autres essais faits sur quatre échantillons de sapin et autant d'épicéa de diverses provenances, appartenant aux collections de l'École forestière, ont confirmé la première constatation. *Il faut donc admettre que le sapin, dans toutes les régions de son bois, mais surtout dans l'aubier, s'imprègne bien plus vite que l'épicéa dans les conditions où on s'est placé⁽²⁾.*

Le pin Weymouth s'imprègne aisément, surtout dans l'aubier. Quant au mélèze, on a comparé un bois de mélèze de cent quatre-vingts ans, de densité 0,655, crû en massif serré, à l'altitude de 1 100 mètres, dans la forêt de Chamonix (Haute-Savoie), avec un mélèze planté dans le Puy-de-Dôme, ayant une faible densité et une croissance extraordinairement rapide ; ses cernes du centre ont de 8 à 9 millimètres d'épaisseur comme ceux de la périphérie. Les cernes du mélèze de Chamonix n'ont que de 0^{mm},5 à

1. On ne signale guère d'autre différence que la présence dans le bois d'épicéa de rares canaux résinifères qui manquent dans le sapin.

2. 1^o Comparons un épicéa de soixante-quinze ans, ayant 32 mètres de hauteur et 1^m,55 de tour, à bois léger mou, de croissance très rapide, provenant de plantation faite dans la forêt domaniale de Gouaille (Doubs), à 740 mètres d'altitude, avec un sapin de cent trente-sept ans (bois de maturité) de la forêt de Comefroide (Aude), à 1 100 mètres d'altitude. Deux godets ont été creusés pour chaque échantillon, l'un dans l'aubier, l'autre près du centre. Une demi-heure après le remplissage, l'aubier du sapin a déjà absorbé 7 millimètres, les autres godets ne montrent qu'une imbibition insignifiante, égale d'ailleurs. Vingt-deux heures après le remplissage, le godet de l'aubier du sapin est vide, celui de l'aubier de l'épicéa n'a perdu que 9 millimètres et ceux des deux duramens 3 millimètres. Sept jours après le remplissage, l'aubier de l'épicéa a absorbé 26 millimètres, le cœur du sapin 10 millimètres, celui de l'épicéa 8 millimètres. Et cependant les cernes de l'épicéa sont plus larges que ceux du sapin.

2^o Si l'on compare maintenant un bois de sapin de belle qualité, de densité 0,432 (cent quinze ans ; 1^m,55 de tour ; forêt de la France [Jura]), avec un bois d'épicéa qui semble réunir toutes les conditions favorables à une imprégnation rapide [densité faible 0,337 ; bois très léger et très mou ; croissance très rapide ; âge peu avancé ; arbre planté dans la forêt domaniale de Grand-Côte (Doubs)], on voit que ce dernier, *au bout de quatre jours*, a absorbé : aubier, 33 millimètres ; cœur, 27 millimètres, tandis que le godet creusé dans le cœur du sapin est depuis deux jours vide et que, dans celui de l'aubier, le niveau a baissé de 42 millimètres. Si le cœur du sapin s'est imprégné plus vite que l'aubier, ce qui est anormal, cela tient sans doute à ce que les couches centrales ont 5 millimètres d'épaisseur et les couches périphériques 2 millimètres seulement, tandis que (ce qui prouve bien l'influence spécifique) les couches centrales de l'épicéa ont de 6 millimètres à 8 millimètres d'épaisseur, les couches périphériques de 4 millimètres à 5 millimètres, avec une densité moindre ; et que néanmoins l'imprégnation y est moins active.

3^o Enfin, deux sapins du Jura ont été comparés avec deux épicéas des Vosges. L'aubier des deux sapins, bien que formé de couches minces, a bien plus vite absorbé le carbolinum que l'aubier des épicéas dont les cernes étaient cependant bien plus larges. Les quatre duramens se sont comportés à peu près de même.

2 millimètres d'épaisseur. Malgré cette énorme différence, les deux godets centraux restent pleins dans les deux mélèzes et les deux aubiers s'imprègnent à peu près également.

Faculté d'imbibition. — C'est la propriété qu'a un volume de bois déterminé d'absorber et de garder dans ses tissus une plus ou moins grande quantité d'une substance donnée.

Elle peut être différente de la vitesse d'imbibition ou d'imprégnation. Une substance (le goudron chaud, par exemple, ou un sel facilement cristallisable par évaporation) peut imbiber plus ou moins rapidement les tissus avoisinant les surfaces de contact (vitesse d'imprégnation); mais, si elle devient peu fluide ou se solidifie, ou si elle n'imprègne pas à fond les parois (micelles), y progressant peu à peu, elle ne pénétrera pas très loin et les tissus ligneux, obstrués dans les zones superficielles, ne pourront admettre de nouvelles doses de la substance. La faculté d'imbibition sera faible. Dans le cas contraire, si les éléments des parois cellulaires s'imprègnent rapidement, poussant en avant la matière incessamment reçue par l'arrière, l'absorption pourra se prolonger longtemps; la faculté d'imbibition sera très grande. C'est encore dans le hêtre qu'elle semble atteindre son maximum pour les produits dérivés de la créosote. Semblable à une éponge, le bois de hêtre non seulement absorbe de grandes quantités de la plupart des antiseptiques, mais il transsude, il rejette le surplus, même quand on opère sans pression. Aussi, dans les chantiers des compagnies de chemins de fer où l'on injecte sous pression (5 atmosphères au chantier de la compagnie de l'Est, à Amagne), on limite volontairement la quantité de créosote à injecter dans les traverses de hêtre (¹).

On peut se faire une idée grossière de cette faculté d'imbibition pour chaque bois et chaque substance en observant le temps que

1. « Une traverse en hêtre de 2^m,65 × 0^m,245 × 0^m,150 absorbe 25 à 28 litres de créosote, soit environ 270 à 300 litres par mètre cube réel (environ dix traverses sans flaches par mètre cube).

« Dans ces conditions le chêne est injecté à *refus* et pénètre jusqu'au cœur où l'on constate des teintes plus ou moins prononcées.

« Le hêtre, au contraire, pourrait absorber beaucoup plus, mais on s'est limité au maximum de 300 litres, parce qu'une longue expérience a fait reconnaître que cette quantité de créosote était nécessaire, mais suffisante, pour bien imprégner les tissus et assurer la parfaite conservation de ce bois si éminemment putrescible à l'état vierge. » (Note sur la préparation des traverses à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, par M. V. DUFAUX, *Revue générale des chemins de fer*, 1898.)

mettent à se vider des cavités de même volume et de même surface creusées dans le bois et constamment remplies, dès qu'elles sont vides, avec la substance à essayer, et le nombre de fois que l'on a à faire cette opération pour un volume de bois déterminé.

Feuillus. — Parmi les dix essences feuillues qui ont été observées à ce point de vue et qui sont le hêtre, le coudrier, le charme, le platane, le peuplier tremble, le peuplier pyramidal, l'aubépine, le bouleau, l'alisier blanc et l'alisier torminal⁽¹⁾, c'est le hêtre qui, avec le tremble, accuse la plus grande faculté d'imbibition. Les trous cylindriques d'une capacité de 2^{cm}3,5 creusés dans chacun de ces prismes de bois ont été remplis une troisième fois et, quinze heures après le remplissage, le trou du tremble était vide; dans ceux du hêtre et du coudrier le niveau avait baissé de 26 millimètres et, respectivement, de 21, 15 et 13 millimètres dans ceux du platane, du bouleau et du peuplier pyramidal. Viennent ensuite les deux alisiers (blanc et torminal) avec une baisse de 10 millimètres, l'aubépine et le charme avec une baisse de 7 et de 6 millimètres.

Tel est l'ordre dans lequel se rangent, au point de vue de la faculté d'imbibition, les bois examinés.

Si l'on fend suivant l'axe du trou cylindrique de 34 millimètres de profondeur les échantillons précédents qui ont reçu trois doses de carbolineum, on voit une traînée brune, très nettement limitée, allant du fond du trou à l'extrémité de l'échantillon en suivant le fil du bois. Cette traînée, de 1^{cm},5 de largeur, indique le chemin parcouru par le carbolineum qui, sans diffuser ni à droite ni à gauche, est venu transsuder à la face inférieure de l'échantillon en quantité d'autant plus forte que la vitesse d'imbibition était plus grande. La teinte ne va pas en se dégradant sur les côtés de cette bande brune dont la limite était des plus nettes chez le tremble, le hêtre, le charme, le coudrier, l'alisier torminal, l'alisier blanc⁽²⁾. Puisqu'une portion de la substance injectée transsude, même sans pression, on voit qu'avec les liquides tels que

1. Tous ces échantillons étaient parfaitement comparables; ils faisaient partie d'une collection de bois aussi desséchés à l'air que possible et mesurant 17^{cm} × 9^{cm} × 2^{cm},7.

2. Cette traînée brune ne s'observait pas chez le bouleau ni le platane; on n'a pu voir le chemin suivi par le carbolineum, absorbé pourtant en assez grande quantité. Sur le cerisier, cette traînée brune très nette se voyait aussi et allait jusqu'à la face inférieure de l'échantillon. Tous ces prismes avaient environ 20 centimètres de hauteur.

les carbolineums et avec les petits échantillons employés, la faculté d'imbibition ne peut se mesurer exactement. Pour un produit donné agissant de la même façon sur des bois feuillus également desséchés, l'imbibition varie suivant que les vaisseaux sont libres ou obstrués par des thylls, suivant que les fibres sont droites ou contournées⁽¹⁾, que les couches sont jeunes ou vieilles, que le bois est dense ou léger, suivant d'autres conditions, encore inconnues, tenant à la forme et à la composition chimique des éléments ligneux.

Résineux. — Des quatre bois de résineux essayés, c'est le sapin qui accuse la plus grande faculté d'imbibition. Le godet rempli le soir était toujours vide le lendemain et, bien qu'on l'eût rempli six fois, la traînée brune, peu nettement limitée, n'atteignait que la moitié de la hauteur de l'échantillon. Il n'y avait eu aucune exsudation sur la face inférieure; tout le liquide donné a été retenu par le bois. Dans l'épicéa, autour du trou cylindrique et même près du fond, le bois avait gardé sa belle couleur blanche; il n'y a eu aucune pénétration⁽²⁾. Dans le pin de montagne (bois de cœur), l'imprégnation s'est faite aussi suivant la direction générale des fibres, mais, comme chez le sapin, la traînée brune finit en pointe avant d'atteindre la base de l'échantillon; elle ne garde pas jusqu'au bout la même largeur comme chez les feuillus. Bref, *l'imbibition présente chez les résineux des différences notables avec ce que l'on voit chez les feuillus.*

Structure anatomique du bois de hêtre. — Comme le bois de hêtre, produit en si grande quantité en France et dans le monde, est un bois éminemment putrescible à l'état vierge, éminemment durable une fois injecté — les traverses de chemin de fer en hêtre injecté durent plus que celles en chêne injecté, — comme il absorbe facilement de très fortes doses d'antiseptiques, il doit être regardé comme le *type des bois aptes à l'injection* et, à ce titre, il est intéressant de connaître sa structure anatomique, de même qu'en sa qualité de bois promptement altérable, même à l'abri (dans les

1. L'échantillon de saule marceau avait ses fibres très contournées, ce qui a été une circonstance défavorable à l'imbibition.

2. Il est vrai que l'échantillon présentait une condition défavorable. En le sectionnant suivant l'axe du trou, on voit près du fond un petit nœud noir avec contournement de fibres qui a gêné la pénétration.

galeries de mines), il importe de décrire ses processus de décomposition et les champignons qui les provoquent.

Ce bois, très bien étudié par SANIO, HARTIG, STRASBURGER, se compose d'éléments fibreux (vaisseaux, trachéides et fibres libriformes ou fibres-trachéides) et d'éléments parenchymateux (cellules du parenchyme ligneux, cellules des rayons médullaires).

Les *vaisseaux* sont presque régulièrement distribués dans la couche annuelle, ne diminuant en nombre et en grosseur qu'à l'extrême limite de cette couche. Leur ponctuation varie suivant la sculpture des cellules avoisinantes; mais il n'y a pas dans les éléments du bois de hêtre d'épaississements spirales, réticulés ou annelés. La longueur des vaisseaux varie entre $0^{\text{mm}},45$ et $0^{\text{mm}},65$; celle des trachéides entre $0^{\text{mm}},6$ et $0^{\text{mm}},9$ et celle des fibres libriformes entre $0^{\text{mm}},8$ et $1^{\text{mm}},3$.

Quant à leur nombre, il varie, toujours d'après HARTIG, entre 100 et 200 par millimètre carré; leur surface transversale médiane oscille entre 2 et 4 millièmes de millimètre carré. Dans le bois normal, même à l'âge le plus avancé, *jamais les vaisseaux ne sont obstrués par des thylls*⁽¹⁾. Il y en a au contraire dans ceux du faux cœur (cœur rouge du hêtre); aussi celui-ci ne s'imprègne pas dans toutes ses parties, même sous pression. Les trachéides ont une paroi mince; elles sont plus courtes que les fibres libriformes, plus longues et bien plus étroites que les vaisseaux; la forme et le nombre de leurs ponctuations diffèrent autant que chez les vaisseaux. Ces trachéides sont normalement fermées aux deux extrémités; mais on en trouve aussi qui ont en ces points une perforation et doivent donc être considérées comme des vaisseaux, quoique, par leur forme et leur faible diamètre, elles soient une simple modification des trachéides proprement dites.

Les *fibres libriformes* ou *fibres-trachéides* constituent la masse solide du bois de hêtre. Elles sont fusiformes, à paroi épaisse et ne présentent que de rares ponctuations. Les quelques rangées de cellules qui limitent chaque anneau ligneux sont constituées par elles uniquement. Comme il n'y a pas de vaisseaux, la dispo-

1. On sait que les thylls sont des amas arrondis de cellules à parois molles qui, par les ponctuations, font hernie à l'intérieur des vaisseaux; plus tard, ces cellules grossissent et se collent à la paroi des vaisseaux. Les thylls renferment de la gomme de bois et sont colorés en brun. Leur production est due à plusieurs causes; ainsi on en trouve dans les bourrelets cicatriciels. M. Tuzson a pu en faire naître sous l'influence des filaments mycéliens sur des fragments de bois frais artificiellement infestés par des spores.

sition radiale régulière de ces fibres-trachéides n'est pas troublée ; tangentiellement aplaties, présentant des ponctuations aréolées sur les parois tangentiellles, elles ressemblent aux trachéides des dernières assises de l'anneau ligneux des bois résineux. Leur lumen est très réduit.

Le *parenchyme*, disséminé en petites lignes courtes, concentriques, entre les autres éléments, consiste en organes se terminant en pointe aux deux extrémités, à parois assez minces, et partagées par des cloisons transversales en trois ou quatre cellules. Leurs parois sont munies de petites ponctuations simples, souvent groupées, et leur intérieur renferme des produits de formation et de sécrétion. C'est là et dans les rayons médullaires que s'emmagasinent les matériaux de réserve destinés à l'édification des cellules qui vont se former l'année suivante.

Les *rayons médullaires* sont inégaux, soit épais, soit minces ou très minces⁽¹⁾, assez hauts (5 millimètres), médiocrement serrés. Ils sont constitués par des cellules parenchymateuses de forme variée. Les couches internes de ces cellules montrent, quand on les déchire, une structure spiralée qui augmente leur résistance à l'écrasement tangentiel et leur maintient une certaine élasticité facile à constater sur les épais rayons médullaires qu'on voit souvent en saillie à la surface du bois pourri.

Grâce à l'absence de vaisseaux dans les dernières assises du bord externe de chaque couche, où il n'y a guère que des fibres-trachéides, les accroissements sont très distincts. On peut aisément déterminer l'âge de l'arbre en comptant le nombre des couches sur une section transversale rabotée, surtout si l'on avive leur limite par une matière colorante quelconque, ou même de l'humus. Ces couches sont crénelées, rentrantes au passage des larges rayons⁽²⁾.

Densité. — La proportion de ces divers éléments est de grande importance pour les propriétés techniques du bois. Sa densité dépend en première ligne du nombre des fibres libriformes et,

1. Tantôt ils ne comprennent qu'une ou deux rangées de cellules ; les larges rayons en ont de vingt à vingt-cinq.

2. Tous ces éléments sont très peu tannifères ; je n'ai trouvé, soit dans le bois périphérique, soit dans le bois central d'un hêtre de cinquante ans, que 0,2 % de tannin, c'est-à-dire des traces.

par suite, du nombre et de la grosseur des vaisseaux. Comme la formation des fibres à parois épaisses est liée à l'alimentation de l'arbre, la qualité du bois dépend de l'abondance du courant de sève (qui est réglé par l'ampleur de la cime) et de ses qualités nutritives. Le nombre et la largeur des vaisseaux s'accroissent avec l'âge puisque, avec la croissance, augmentent les exigences en eau de transpiration, laquelle circule par les vaisseaux des couches extérieures. La densité doit évidemment diminuer à mesure qu'augmentent le nombre et le diamètre des vaisseaux, c'est-à-dire à mesure que l'arbre avance en âge, jusqu'à une certaine limite. C'est ce que prouvent les chiffres suivants dus à HARTIG, qui a déterminé la densité des diverses régions d'un arbre prises à 1^m,30 au-dessus du sol.

Périodes d'accroissement	Densité
0- 30 ans	0,751
30- 60 —	0,715
60- 90 —	0,662
90-120 —	0,645

Si l'on considère du bois de hêtre de diverses provenances, on constate qu'à l'inverse de ce qui se passe pour les chênes, la densité n'est nullement en relation avec l'épaisseur des accroissements. D'après les échantillons des collections de l'École forestière, la densité du hêtre, arrivé à son maximum de dessiccation à l'air libre, varie de 0,68 à 0,90.

Le courant de sève passe par les couches extérieures de l'arbre. Au delà des quarante à soixante-dix derniers cernes qui servent de lit au courant d'eau de transpiration (ou plus exactement de chlorovaporisation), il y a une partie centrale sèche, habituellement rougeâtre, mais vivante et exempte de thyllés. Sa teinte rougeâtre tient à la gomme de bois des cellules parenchymateuses. Cette portion centrale ne sert pas au courant de sève et les parois des cellules n'ont que de l'eau d'imbibition; cependant, si l'on sectionne les couches extérieures, l'eau absorbée par les racines peut passer par les couches internes.

Normalement, on ne trouve, même dans les plus vieux arbres, que ces couches extérieures conductrices d'eau et cette portion centrale sèche. Mais souvent on voit au centre des tiges un cœur coloré en brun, soit uniformément, soit par zone; comme il

n'existe pas normalement, on l'appelle *faux duramen* ou simplement *bois rouge* ⁽¹⁾.

Bois rouge ou faux cœur du hêtre. — Les propriétés de cette modification anormale, mais fréquente, du bois de hêtre sont très importantes au point de vue des emplois de ce bois, et l'on n'est pas encore complètement d'accord sur sa formation, sur sa résistance, sur sa durée, puisque, jusqu'à ces derniers temps, les compagnies de chemins de fer rebutaient les traverses ayant une certaine proportion de bois rouge (lequel ne s'injecte pas partout, même sous pression). Aussi n'est-il pas inutile de résumer ici ce que les travaux récents hongrois ⁽²⁾ et allemands ⁽³⁾ nous apprennent sur cette question d'un intérêt technique évident.

Le faux cœur provient habituellement de branches pourries, de blessures, dans le voisinage desquelles il est le plus développé; de là il se rétrécit vers le haut et vers le bas, mais il s'allonge davantage vers le bas. Une transformation semblable du bois normal se fait autour des blessures.

Ces deux modifications tiennent à ce que les cellules du parenchyme ligneux surtout, et, à un moindre degré, des autres éléments, se chargent d'une matière gommeuse spéciale d'un brun rouge (gomme de bois) qui imprègne les parois, et aussi à ce que les vaisseaux sont oblitérés par des thylls. Cette gomme se forme sur place par transformation de l'amidon ⁽⁴⁾.

Mais tandis que le bois brun de protection qui se forme autour des blessures se limite à leur voisinage et ne s'étend pas, le faux duramen s'élargit toujours davantage; sous ce rapport il diffère du premier et se rapproche du cœur normal. Dans ce faux dura-

1. Les données précédentes sur la structure anatomique du bois de hêtre sont extraites en grande partie de la *Flore forestière*, par A. MATHIEU, et du récent travail du Dr JOHANN TUZSON (*Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes*. Berlin, chez J. Springer, 1905. Prix : 5 mk).

2. Voir la brochure citée plus haut du Dr JOHANN TUZSON, privat-docent au Polytechnikum de Budapest.

3. Voir l'article de E. HERMAN, « Ueber die Kernbildung der Rotbuche » (*Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, octobre 1902), et les publications antérieures de R. HARTIG.

4. Thylls et gomme sont sans doute la cause de la plus grande densité du cœur rouge. Sur un hêtre de la forêt de Haye (Grande-Malpieire est, parcelle B⁴) examiné en 1888, j'ai trouvé 0,647 pour la densité du bois sain périphérique et 0,712 pour celle du cœur rouge; les échantillons avaient été desséchés à 100° à l'étuve pendant deux jours.

men, on trouve toujours, surtout aux environs de la moelle, des filaments mycéliens ; ce sont eux qui en provoquent la formation. C'est un tissu de protection qui, par l'obstacle mécanique des thylls et de la gomme, par l'augmentation de la densité, entrave le développement vers l'aubier des mycéliums internes. Les essais de culture et les observations à l'air libre ont montré que plusieurs champignons provoquaient la formation du faux duramen. M. Tuzson cite *Tremella faginea* Britz., *Stereum purpureum* Pers., *Hypoxyylon coccineum* Bull., *Bispora moniloides* Corda, *Schizophyllum commune* Fr., peut-être aussi *Stereum hirsutum* Willd. Cet auteur n'a pas observé que le *Polyporus fomentarius* L., qui provoque si souvent la décomposition des hêtres sur pied, ait occasionné un seul faux duramen ; il croit que ce parasite énergique décompose immédiatement la tige sans amener sa duraminisation.

Le bois rouge est plus dur et plus dense que le bois normal. Il ne s'imprègne qu'en partie ; même les portions les plus colorées ne s'injectent pas du tout. Les compagnies de chemins de fer rebutent pour ce fait les traverses qui présentent du bois rouge et il y a parfois de ce chef un déchet considérable dans ce mode de débit ; car dans certaines forêts beaucoup d'arbres ont du bois rouge.

Ont-elles tort ou raison ?

M. HERMANN dit qu'on ne doit pas rebuter le bois rouge, parce qu'il résiste mieux à la décomposition que le bois normal injecté de chlorure de zinc. M. Tuzson arrive à une conclusion un peu différente. On peut (p. 74) employer en toute assurance le faux duramen pour traverses de chemins de fer quand on utilise des procédés d'imprégnation peu coûteux garantissant une durée ne dépassant pas dix ans ; car les parties moins durables s'imprègnent et peuvent ainsi lutter contre les causes de décomposition ; les parties plus teintées ne s'imprègnent pas, mais sont par elles-mêmes résistantes.

Si l'on use de procédés coûteux d'imprégnation par lesquels on veuille faire durer le bois de hêtre vingt-cinq ans et plus, on ne doit pas, autant que possible, employer le bois rouge. En tout cas, il ne doit y en avoir que sur la semelle de la traverse et sur une hauteur de 4 à 5 centimètres. A la longue, les zones foncées de bois rouge tombent aussi en décomposition et, comme elles

ne se laissent pas imprégner, elles facilitent l'entrée dans l'intérieur de la traverse des champignons destructeurs.

Décomposition et champignons du bois de hêtre

Bien que le bois de hêtre soit un de ceux qui attirent le plus l'attention par son abondance, son importance comme bois d'industrie, sa déplorable aptitude à la décomposition, il n'a guère été bien étudié à ce dernier point de vue que tout récemment dans le travail, déjà cité, de M. Tuzson auquel est empruntée une partie de ce chapitre.

On peut partager les phénomènes de décomposition du bois de hêtre abattu en deux groupes : ceux que l'on observe sur le bois fraîchement abattu, dont les cellules sont encore vivantes, et ceux que l'on constate sur le bois desséché, aux cellules mortes.

Occupons-nous d'abord du premier groupe.

On sait que le bois de hêtre exposé aux influences atmosphériques, surtout à l'humidité, subit très vite dans toute sa masse une transformation frappante ; l'intérieur devient, d'abord par places, plus tard partout, d'un brun violet rougeâtre.

Le bois brun est traversé bientôt par des flammes blanches qui s'étendent peu à peu jusqu'à ce qu'il soit *pourri blanc* dans toute la masse ; en même temps on y voit des lignes noires irrégulières, très nettes, séparant ces parties blanches des portions restées brunes.

Quand le bois a pris cette teinte brune, les praticiens disent qu'il est *échauffé* ; c'est le premier degré d'altération.

Certains rapportaient cet *échauffement* à des causes internes devant être cherchées dans la substance même du bois et le considéraient comme une transformation chimique spontanée et progressive.

Si l'on examine au microscope du bois brun de hêtre ainsi échauffé, on voit que le brunissement est dû à une matière brune qui se sépare dans les cellules parenchymateuses du bois, apparaissant sous forme de *gouttes*, de *granules*, de *dépôts pariétaux*. Sur des coupes plus épaisses, on voit que cette matière colore aussi, mais plus faiblement, les parois de tous les organes. Par ses réactions, cette matière, semblable à celle du faux cœur, est

aussi de la *lignigomme* ou *gomme de bois*. Dans le bois échauffé, elle se forme aux dépens des matières nutritives contenues dans les cellules du parenchyme, lesquelles restent vivantes encore longtemps après l'abatage.

Les vaisseaux du bois *échauffé* renferment des thylls comme ceux du *faux cœur*, mais en bien moindre quantité, surtout dans le bois écorcé. La production de lignigomme et de thylls progresse bien plus énergiquement dans le bois sous écorce que dans le bois écorcé. Le microscope le montre, ainsi que les essais d'imprégnation.

Le bois *échauffé*, à l'état de *bois en œuvre*, s'imprègne très bien, ce qui n'arrive pas pour le bois *échauffé sous écorce*. La cause en est que, dans le bois sous écorce, le parenchyme est encore nourri après l'abatage par les éléments nutritifs des cernes extérieurs et du liber et fournit plus de matière pour la formation de la lignigomme et des thylls que le parenchyme du bois écorcé et travaillé; celui-ci ne peut transformer que ses propres éléments.

En outre, on trouve de-ci de-là, isolés ou parfois en amas, des filaments mycéliens qui apparaissent à la surface du bois en un jour ou deux dans les cultures sous verre.

Tant que, dans le bois échauffé, n'apparaissent point les taches blanches, c'est-à-dire tant que la lignigomme et avec elle la teinte brune n'ont pas disparu, le microscope ne montre pas sur les parois cellulaires d'indice net de décomposition.

Mais les raies blanches accusent une altération franche; les lamelles tertiaires et secondaires des parois cellulaires sont attaquées. On y voit des lignes festonnées, sinueuses, indiquant l'érosion de la paroi qui, finalement, disparaît par places.

Lors de l'apparition des parties blanches et même déjà avant, on voit dans le bois brun les lignes noires dont on a parlé.

Pour s'assurer des causes de l'*échauffement* du bois de hêtre et des propriétés des champignons qui y participent, M. Tuzson a fait de nombreux essais d'infection.

Dans des verres stérilisés, hermétiquement clos, il a mis des fragments de bois fraîchement débités ayant en eux l'humidité nécessaire au développement des champignons et il y semait les spores des espèces que l'on voit le plus habituellement sur le hêtre. D'autres fragments identiques, mais nonensemencés,

étaient traités de la même façon. Ceux-ci, après deux et trois ans de séjour dans les verres, sont encore inaltérés, tandis que les fragments infectés ont présenté, presque tous, plus ou moins vite les caractères du *bois échauffé*.

Donc il est prouvé que *ce sont exclusivement les champignons dont on trouve les filaments dans le bois échauffé qui provoquent cet échauffement et la décomposition qui en est la suite*.

Ce sont ces champignons dont nous rencontrons à chaque pas les fructifications sur le bois de hêtre, soit en forêt, soit dans les places de dépôt, partout où il est resté assez longtemps à l'air.

Les cellules vivantes du parenchyme du bois fraîchement abattu réagissent contre l'attaque de ces champignons en formant de la lignigomme et des thylls, ce qui provoque le premier et brusque changement de coloration, le brunissement. La pourriture blanche qui vient après est due exclusivement à l'action destructrice des hyphes.

Dans les fragments non infectés gardés sous verre pour la comparaison, il ne s'est pas formé de thylls. Il est certain que les cellules parenchymateuses sont incitées à la production des thylls uniquement par l'action des filaments mycéliens. Cette production progresse plus ou moins uniformément, provoquée par les ferments que sécrètent les hyphes et qui se répandent dans les cellules avoisinantes.

Dans les essais dont on va rendre compte, les cubes de hêtre témoins se sont comportés bien différemment, suivant qu'ils étaient à l'abri dans des galeries de mine de fer (à Ludres) ou qu'ils étaient exposés aux intempéries pendant le même laps de temps (trois ans).

Les deux cubes témoins, placés dans ces dernières conditions, ont leur surface rugueuse et sillonnée de fentes nombreuses dont la largeur augmente vers la surface et dont beaucoup n'atteignent pas la section médiane (qui est à 7 ou 8 centimètres de la base du cube). Ils sont très nettement décomposés et altérés sur toutes leurs faces, mais bien plus à la périphérie qu'à l'intérieur. Bien qu'ayant perdu 28 % de son poids, le bois offre encore de la résistance et n'est pas hors d'usage.

Les cubes restés dans les galeries à l'abri de la pluie, de la neige, des variations d'humidité et de température du sol et de l'atmosphère ont perdu jusqu'à 35 % de leur poids primitif. La

décomposition s'y est faite d'une tout autre façon. Les cubes sont en apparence sains ; leur surface est bien lisse, continue, sans fentes. Mais, si l'on fait une section médiane, on voit le centre sillonné de larges fentes qui, à l'inverse des précédentes, se ferment près de la surface. Ces fentes sont garnies de plaques d'un mycélium blanc⁽¹⁾. Ces cubes, intacts en apparence, sont très légers et *sonnent le creux*, tandis que le cube voisin microsolé rend le son normal. La densité du hêtre témoin de la série C n'est plus que de 0,396 après trois ans de séjour dans l'air humide et tempéré des galeries ; elle a diminué de près de moitié.

Ces hêtres des galeries montrent le type le plus net de bois échauffé, uniformément brun, devenu absolument inutilisable sous l'unique action du champignon. Ce bois n'a plus aucune résistance ; il est hors d'usage.

Voici les champignons qui, d'après les observations et les essais d'infection de M. J. Tuzson, ont la plus grande part dans les phénomènes de décomposition du hêtre.

Stereum purpureum Pers. — En première ligne il faut citer le *Stereum purpureum* ⁽²⁾, champignon hyménomycète de la famille des Téléphorées.

Ses fructifications forment des plaques coriacées, de 1 centimètre à 3 centimètres de largeur, souvent aussi plus grandes ou plus petites, qui se développent sur les sections d'abatage ou de tronçonnement du hêtre.

Elles commencent par la formation d'une croûte mycélienne petite, ronde, blanchâtre ou violette. « Quand elle a ainsi atteint un diamètre d'environ 1 centimètre, son bord supérieur qui est libre croît horizontalement en forme d'éventail ou de coquille à marge entière et courbée en dessus. La face supérieure de ce

1. La moitié du cube a été placée sous une cloche hermétique dans un milieu aseptique ; l'autre a été laissée à côté en plein air dans le sous-sol du laboratoire. On verra bientôt quels sont les champignons qui, en trois ans, ont fait disparaître la moitié de la matière ligneuse.

2. C'est un de nos mycologues forestiers les plus distingués, M. D'ARBOIS DE JUBAINVILLE, conservateur des forêts en retraite, qui a le premier en France signalé l'importance de l'action destructive du *Stereum purpureum* sur le bois de hêtre. Ce savant, qui a tant contribué à rectifier les idées erronées qui avaient cours en France sur les causes des altérations des bois et à prouver qu'elles étaient toutes dues à des champignons dont chacun produit une décomposition spéciale, a donné dans la *Revue des Eaux et Forêts* de 1890 (p. 277) une excellente description du *Stereum purpureum* et des altérations qu'il provoque.

chapeau est velue, grisâtre ou fauve, plus ou moins zonée. La face inférieure ou hyméniale est coriace, glabre, purpurine ou lilas. Le tissu intermédiaire est blanchâtre, fibreux.

« Ces chapeaux horizontaux et semi-circulaires sont rarement isolés ; ordinairement ils se groupent en grand nombre. En se développant ils se soudent à leurs voisins par leurs bords latéraux et forment chacun un lobe du chapeau composé résultant de leur jonction. De nombreuses rangées de ces chapeaux s'étagent aux extrémités des troncs de hêtres, se pressent les unes au-dessus des autres et leur ensemble prend ainsi un aspect imbriqué. » (D'ARBOIS DE JUBAINVILLE.)

Les spores sont unicellulaires, longuement cylindriques ou ovales, incolores, ayant 5-7 μ de long sur 2,5-4 μ de large.

Le mycélium est incolore et d'épaisseur variable. Dans le bois sous la fructification, les hyphes ont 2-4 μ . Ceux qui pénètrent plus loin dans le bois sont d'ordinaire plus fins ; on en mesure qui ont 0,4 μ . Ils pénètrent assez vite le bois dans toute sa longueur et provoquent au début d'abord l'échauffement, plus tard la pourriture blanche. D'ordinaire, le bois sous écorce gisant en forêt ou ailleurs est complètement échauffé en trois ou quatre mois⁽¹⁾. « Des hêtres abattus en hiver, près Darney (Vosges), sont tronçonnés en billes de 4 mètres et conduits sur le chantier de l'usine. Dès le mois de juillet ou d'août suivant, les extrémités des billes commencent à s'altérer. Au mois d'avril de l'année suivante, soit environ un an après le tronçonnement, la décomposition atteint parfois toute la longueur des billes, en sorte qu'il ne reste plus de bois sain susceptible d'être utilisé par l'industrie. Très souvent nous avons vu le *Stereum purpureum* sur les hêtres exploités, et même sur leurs souches, d'où il atteignait et tuait les rejets provenant de bourgeons adventifs. » (D'ARBOIS DE JUBAINVILLE.)

Hypoxylon coccineum⁽²⁾ Bull., dont les fructifications se voient

1. M. Tuzson a trouvé l'intérieur de traverses de chemin de fer complètement brun cinq ou six mois après l'abatage en hiver ; les taches blanches de la pourriture se voyaient un mois ou deux après.

2. L'*Hypoxylon coccineum* ou *Sphæria fragiformis* Pers. ou *Sphæria rubra* Willd. est une Sphériacée de la section des Phéosporées composées qui, d'après Saccardo, habite les rameaux du hêtre et, plus rarement, des chênes, saules, charmes, bouleaux, etc.

très souvent sur le bois de hêtre pourri. C'est lui qui, avec le précédent, provoque le plus fréquemment l'échauffement et la décomposition du bois. Ses fructifications sont globuleuses, habituellement de la grosseur d'un pois, mais elles peuvent acquérir de plus fortes dimensions; elles sont souvent groupées. A l'état jeune elles sont verdâtres, violettes, grises ou jaunâtres et revêtues d'un hyménium conidiophore; plus tard les fructifications deviennent rouge-brique à la surface, noires à l'intérieur. On les voit d'ordinaire sur la section transversale, plus tard aussi sur l'écorce. Le mycélium brunâtre a 2-4 μ d'épaisseur au voisinage des fructifications.

Le mycélium pénètre le bois vite et profondément comme celui du *Stereum purpureum*.

Sur les traverses de chemin de fer en bois de hêtre échauffé, M. Tuzson n'a jamais vu apparaître que les fructifications de ces deux espèces.

Bispora monilioides ⁽¹⁾ Corda. — Les spores de cette espèce germent facilement sur le bois frais du hêtre et les chaînes de conidies y forment sur les sections transversales ou longitudinales des revêtements noirs. Les fragments infectés artificiellement ont été complètement recouverts de ces conidies en l'espace d'un mois. A l'air libre on observe les taches noires quatre ou cinq mois après l'abatage. Les filaments pénètrent à travers toute la masse, provoquant l'échauffement du bois; ils ont une épaisseur variable. Les filaments fins sont incolores et très difficiles à constater dans le bois, même à un fort grossissement, comme ceux des espèces précédentes. Dans les fragments infectés la plupart des hyphes, d'un brun jaunâtre clair, avaient 2-3 μ d'épaisseur avec des parois assez épaisses et formaient souvent des zigzags et des dichotomies coralliformes. La forme apothécie n'est pas encore exactement connue.

Tremella faginea ⁽²⁾ Britz. — On trouve très fréquemment les fructifications de ce champignon sur le bois de hêtre en train de

1. Le *Bispora monilioides* Corda est une Dématiée de la section des Didymosporées, sous-section des Micronémées.

2. *Tremella faginea* Britz., hyménomycète de la famille des Tremellacées. « *Habitat in truncis fagineis* », dit Saccardo.

pourrir. Elles sont gélatineuses, d'une teinte olive ou noire. On le voit plus tardivement apparaître que les espèces précédentes sur le bois abattu, normalement après deux ou trois ans. Ses filaments traversent en tous sens le bois déjà partiellement décomposé par les espèces précédentes.

Les fragments d'aubier frais infectés par ce champignon s'échauffèrent et, huit mois après, apparut le mycélium, en forme d'ouate blanche qui se développa en bourrelets et en filaments enchevêtrés et qui s'étendit même sur la paroi du vase.

Le *Tremella faginea* ne semble pas être en cause lorsqu'il s'agit d'un échauffement rapide du bois de hêtre; il n'arrive qu'après, mais n'en est pas moins un destructeur dangereux; car c'est un des premiers saprophytes du bois desséché.

Par les temps humides on voit en grande quantité sur les branches, sur les bûches de chauffage ses fructifications de taille variable, ayant jusqu'à 10 centimètres de long et 4 à 5 centimètres de large. Les basidiospores manquent sur les fructifications fraîches, vigoureuses, brillantes; elles n'apparaissent que plus tard quand des jours secs succèdent à des temps humides et que les fructifications sont recroquevillées.

Les spores ont $4-5 \times 11-18 \mu$; elles sont incolores, un peu courbées, à bouts arrondis; à l'intérieur on voit des granules et des gouttelettes de taille variable.

Schizophyllum commune Fr. — C'est encore un des destructeurs du bois de hêtre. Les essais d'infection montrent qu'il peut s'installer sur le bois frais et que ses filaments, en pénétrant dans les tissus ligneux, peuvent en provoquer le brunissement et l'échauffement. A l'air libre, cette espèce, comme la précédente, ne s'installe que tardivement sur le bois dont elle amène la pourriture blanche. Très souvent, décompose le bois sec mis en œuvre.

Les fructifications de cette agaricinée assez commune dans toute la France sont sessiles, en forme de coupe; les lames hyméniales épaisses et creusées, sur la tranche, d'une gouttière longitudinale, se bifurquent plusieurs fois. Le chapeau très poilu est blanc ou gris rosé; les lames sont blanchâtres, puis rosées.

Tels sont les champignons qui, d'après les essais d'infection et les observations à l'air libre de M. J. Tuzson, provoquent l'échauffement et la décomposition ultérieure du bois de hêtre. Les deux

espèces qui sont à la fois les plus répandues et les plus actives sont, sans conteste, le *Stereum purpureum* et l'*Hypoxyylon coccineum*.

Durée des traverses de chêne et de hêtre

Pour montrer l'efficacité des antiseptiques tels que la créosote et ses dérivés, efficacité qui se manifeste évidemment aussi bien dans tous les emplois des bois en plein air que dans l'emploi comme traverses de chemins de fer, nous ne pouvons mieux faire que de rapporter un extrait de l'étude approfondie de M. Dufaux (*loc. cit.*, p. 152). « Le hêtre et le chêne créosotés sont exclusivement employés aujourd'hui sur tout le réseau de l'Est... Les proportions moyennes pour mille des traverses retirées de toutes nos voies pendant vingt-sept ans sont données par un graphique qui fait ressortir l'utilité du créosotage, mais qui est surtout intéressant par la comparaison qu'il permet d'établir entre la durée totale du chêne et celle du hêtre créosotés.

« On constate en effet que le chêne non préparé aura duré environ quinze ans, que le chêne créosoté durera environ vingt-cinq ans et que le hêtre créosoté ne sera remplacé qu'après trente ans environ.

« Au bout de quelques années, dans les voies très fatiguées, la traverse en chêne créosoté subit une désagrégation mécanique dans les entailles, par suite de l'écrasement sous les rails des couches annuelles du bois. Les fibres se séparent et se brisent du côté de l'entaille où la charge est la plus forte ; la poussière et l'eau qui pénètrent entre ces fibres arrivent ensuite à les décomposer et il faudrait resaboter de plusieurs centimètres les emplacements des rails pour maintenir la traverse en service. Son épaisseur permet rarement de faire cette opération et la traverse ne peut plus être employée dans les voies principales.

« Il n'en est pas de même de la traverse en hêtre, qui se conserve intacte. Aussi préférons-nous le hêtre au chêne pour les lignes à grand trafic...

« En résumé, nous estimons que *les traverses en chêne créosoté ont une durée de quinze à vingt ans* dans les voies principales et ensuite de dix ans dans les voies de service ; *celles en hêtre, bien*

préparées⁽¹⁾, de dimensions fortes, peuvent durer vingt à vingt-cinq ans dans les voies principales et servir aussi une dizaine d'années dans les voies de garage. Ces résultats font que la compagnie de l'Est n'a pas intérêt à employer des traverses métalliques...

« En l'état actuel il suffit d'acheter environ 250 000 traverses neuves pour l'entretien de tout le réseau.

« Dans ces conditions nous prenons tout le hêtre que nous trouvons sur le réseau et nous complétons par du chêne la quantité à approvisionner. »

Voilà des expériences faites en grand et dans les meilleures conditions de précision et d'impartialité. Le hêtre créosoté dure plus non seulement que le cœur de chêne tel quel, mais que le cœur de chêne créosoté. On ne voit pas pourquoi d'autres bois s'imprégnant à peu près aussi facilement que le hêtre, tels que le peuplier, le sapin, ne se comporteraient pas aussi vaillamment. Des clôtures, échelas, pieux, planches, etc., en bois tendre, de peu de valeur, bien imprégnés de créosote ou de carbolineum, ou de microsol ou de tel autre antiseptique ayant fait ses preuves, dureront probablement autant, sinon plus, qu'en cœur de chêne.

Dispositif des essais

Comme il s'agissait de rechercher, entre les antiseptiques les plus vantés, d'emploi facile, non dangereux, et en même temps peu coûteux, ceux qui préservaient le mieux le bois des altérations quelconques, aussi bien de celles dues aux intempéries, aux alternatives de sécheresse et d'humidité qu'à celles qui sont le résultat des attaques de divers champignons, on a placé les bois imprégnés dans deux milieux très différents. Les uns ont été exposés en plein air dans des jardins où ils étaient enfouis presque entièrement dans du terreau ou du fumier. La section transversale supérieure était en saillie de quelques centimètres. Ils recevaient librement la pluie, la neige, le soleil.

1. « Des morceaux de traverses en hêtre non créosoté ou en hêtre mal préparé (injecté à 12 kilogr. par exemple), placés dans le pourrissoir au moment de son installation en décembre 1901, ont été décomposés au bout de quelques mois; le hêtre bien préparé a résisté jusqu'à présent. » (Chantier de préparation des traverses de la compagnie de l'Ouest à Surdon [Orne], par J. MERKLEN, ingénieur. Extraits de la *Revue générale des chemins de fer*, mai 1905.)

Les autres ont été placés à l'abri de toutes ces influences atmosphériques dans des galeries servant à l'exploitation du minerai de fer oolithique de Lorraine. Dans ces galeries horizontales creusées à 10 mètres au-dessous de la surface, à sol simplement frais, suffisamment aérées, mais où l'air ne se renouvelle que lentement, règne une température constante de 10 à 12°. Ces conditions sont *a priori* favorables à la végétation des champignons, et l'observation le prouve; car les étais des galeries, ainsi que les vousoirs, sont couverts de mycéliums variés à stroma anormalement développé parmi lesquels beaucoup appartiennent à diverses Polyporées et notamment au *Merulius lacrymans*. On y voit aussi nombre d'agaricinées, et surtout des *coprins*.

On a disposé dans des galeries abandonnées⁽¹⁾ les bois en expérience, soit sur la terre même pour la série C, soit, pour la série D, sur des planches déjà infestées par les champignons. Ces bois sont restés exposés pendant trois ans aux spores et aux mycéliums sans qu'on y ait touché.

Tous ces échantillons pesés après dessiccation ont été placés l'un près de l'autre, mais sans contact, et dans des conditions identiques, de façon que, à la fin de l'expérience, les différences constatées dans l'état des tissus ligneux, dans leur résistance à l'écrasement, dans leur densité, etc., ne pussent être attribuées qu'à l'action de l'antiseptique.

Les bois à l'air libre et dans les galeries de mines, mis en place en septembre 1903, ne furent extraits qu'en octobre 1906, soit après un peu plus de trois ans.

Bois en plein air. — La série A fut placée au jardin de l'École forestière, dans un endroit bien découvert, et enfouie jusqu'à rez terre dans du fumier. Elle comprenait huit échantillons de chacune des cinq essences suivantes : chêne, pin d'Alep, hêtre, peuplier, sapin, soit en tout quarante spécimens. Les sept antiseptiques employés furent : *Carbolineum Avenarius*, carbolineum marque du Lion, microsol, antinonnine, goudron, acide fluorhy-

1. Nous remercions vivement M. FOULD, industriel, propriétaire de la mine de Ludres, près Nancy, qui nous a aimablement autorisé à nous servir de ses galeries, et M. ROMESTAN, le chef mineur, qui nous a prêté le concours le plus dévoué.

Les séries de bois en plein air furent disposées l'une dans le jardin de l'École forestière, l'autre dans un jardin d'une petite ville (Vézelize) située à 30 kilomètres de Nancy et jouissant à peu près du même climat.

drique, lysol. Le huitième échantillon de chaque espèce fut placé tel quel pour servir de témoin, de terme de comparaison.

La série B, installée dans le jardin de Vézelize, comprenait quarante fragments identiques aux précédents, imprégnés de la même façon avec les mêmes antiseptiques et placés dans du terreau de couche où ils étaient aux trois quarts enfouis.

Bois à l'abri. — La série D, placée sur des planches champignonnées dans la galerie 4 bis de la mine de fer de Ludres, renfermait quarante échantillons des mêmes essences; les antiseptiques employés furent les mêmes que les précédents, moins le lysol, reconnu inefficace; en outre, l'antigermine fut essayée sur des cubes de chêne, de hêtre, de sapin accompagnés, naturellement, de cubes témoins.

La série C fut disposée sur le sol même dans une galerie voisine (3 bis). Elle comprenait quarante échantillons des mêmes bois imprégnés des mêmes solutions fungicides : *Carbolineum Avenarius*, carbolineum, marque du Lion, goudron, microsol, lysol, acide fluorhydrique.

Pour varier les conditions, les cubes d'essai furent placés non plus sur des planches champignonnées, mais sur le sol au voisinage de bois infestés de mycélium. Ce sont ces galeries qui, après beaucoup de recherches, ont paru le milieu le plus favorable pour le développement des champignons. Les étais et les planches qui forment le boisement de la galerie maîtresse avoisinante sont couverts de mycéliums parmi lesquels se trouve fréquemment celui du *Merulius*; les champignons trouvent là des conditions très favorables (obscurité, air humide, stagnant, température constante); en outre, dans ces galeries abandonnées, les spécimens peuvent rester vingt ans sans être dérangés.

RÉSULTATS

I — BOIS EN PLEIN AIR

(En contact avec le sol, le terreau, le fumier)

SÉRIE A — BOIS PLACÉS DANS DU FUMIER

(jardin de l'École forestière)

État des bois

Les quarante échantillons exposés pendant trois années en plein air dans les conditions précédemment énoncées ont été examinés le 4 octobre 1906.

Voici les résultats de cet examen qui a été complété par des pesées.

1. *Carbolineum Avenarius*. — Les cinq cubes d'essai (chêne, pin d'Alep, hêtre, sapin, peuplier) semblent extérieurement en parfait état. La surface inférieure est encore onctueuse et tache les doigts.

Tous ces bois, plongés pendant vingt-quatre heures dans le *Carbolineum Avenarius*, se sont admirablement comportés.

Tous, même le peuplier, si altérable, étaient aussi sains qu'au moment de la mise en place (voir le n° 11 de la planche VI à comparer avec le n° 14 de la planche II).

Ces bois humides, laissés pendant quinze jours sur le plancher d'une chambre, se couvrent de moisissures superficielles, peu adhérentes, sauf sur le peuplier où elles ne disparaissent pas même sous d'énergiques coups de brosse⁽¹⁾.

2. *Carbolineum*, marque du *Lion*. — Les cinq échantillons se montrent aussi, après ces trois ans d'exposition aux intempéries, absolument inaltérés⁽²⁾.

1. Les champignons peuvent donc très bien recouvrir du bois enduit de carbolineum ; mais, même sur le peuplier, ces moisissures ne pénétraient pas dans le bois.

2. Les cubes de peuplier traités par les deux carbolineums ont été sciés par le milieu et les faces sciées ont été immédiatement appliquées sur du papier de soie. Le *Carbolineum Avenarius* y a laissé une empreinte bien plus nette et plus teintée que celle du carbolineum du *Lion*.

3. *Lysol*. — Le chêne est couvert de moisissures blanches sur toutes les faces et l'aubier est manifestement altéré, surtout à la face inférieure de la demi-rondelle.

Les zones de bois de printemps du pin d'Alep sont usées, corrodées sur tout le pourtour.

Le cube de hêtre porte des champignons sur toutes les faces et le bois est altéré (l'ongle s'y enfonce aisément) surtout à la face inférieure.

Le sapin a le bois de printemps usé sur la base du cube.

Quant au peuplier, il est complètement décomposé dans sa partie souterraine.

Donc, pour ces cinq essences, le lysol, bien qu'employé à dose très forte, s'est montré un fort mauvais préservatif contre les altérations dans la terre humide et dans le fumier.

4. *Microsol*. — Au contraire, tous les échantillons immergés dans une solution de microsol à 4 % se sont parfaitement maintenus. Même le peuplier, si putrescible, retiré de cette couche de terreau et de fumier où il est resté enfoui pendant trois ans, exposé à la pluie, à la neige, aux alternatives de température, de sécheresse et d'humidité, aux attaques des champignons, s'est tenu en parfait état de conservation, comme le montrent les planches I et II qui figurent les surfaces réduites aux 6/10.

Planche I. — Sur la planche I on a représenté la face inférieure de l'échantillon microsolé (n° 8), face correspondant à une section transversale de la tige. Elle ne montre aucune trace d'altération, non plus que les faces latérales (sections tangentielles de la tige). On y voit seulement une *roulure partielle* qui existait au début de l'expérience. Elle ne s'est pas agrandie et les tissus ligneux de bordure ne se sont point du tout altérés, pendant ces trois années de séjour dans le fumier.

Le cube témoin, au contraire, est arrivé *au dernier degré de décomposition*. Une des arêtes a même disparu par suite de sa transformation en humus (voir la figure, planche I).

Planche II. — Pour voir si la préservation des tissus n'avait eu lieu qu'à la surface dans le peuplier microsolé et jusqu'à quelle profondeur s'était manifestée la décomposition du bois dans le peuplier témoin, on a scié par le milieu les deux échantillons, normalement à l'axe de la tige. Ces sections médianes, représentées sur la planche II, montrent nettement que les tissus ligneux sont

aussi indemnes au centre qu'à la périphérie pour le peuplier microsolé, aussi altérés pour l'échantillon témoin. Du reste, le tableau ci-après, relatif à la perte en poids, c'est-à-dire à la disparition de la matière organique, dispense de longues explications.

5. *Antinonnine*. — Le chêne montre des moisissures; tout l'aubier enfoui est décomposé.

Le pin d'Alep est bien conservé, quoique les zones de bois de printemps soient un peu corrodées.

Sur le hêtre, moisissures nombreuses; bois enfoui, profondément altéré, surtout à la face inférieure.

Les zones de bois de printemps dans le cube de sapin sont en partie détruites.

Chez le peuplier, revêtu d'abondants mycéliums, l'altération est profonde de toutes parts; le bois est très spongieux; les racines le pénètrent facilement; des mycéliums de coprins s'y nourrissaient et avaient développé un groupe de fructifications.

D'après cet essai, l'antinonnine serait un très mauvais préservatif contre les altérations que le bois est exposé à subir dans la terre et dans le fumier en plein air.

6. *Goudron*. — Les échantillons des cinq essences mises en expérience (chêne, pin d'Alep, hêtre, sapin, peuplier), immergés pendant vingt-quatre heures dans du goudron provenant des usines à gaz, ne montraient, après trois ans d'enfouissement dans le pourrissoir du jardin de l'École forestière, aucun indice d'altération.

7. *Acide fluorhydrique*. — L'aubier du chêne est entièrement détruit et le duramen de la face inférieure commence à s'altérer.

Le pin d'Alep est en bon état, sauf l'usure prononcée des zones de bois de printemps.

La partie enfouie du cube de hêtre est manifestement altérée ainsi que celle du sapin dont les zones de bois de printemps sont très usées sur la face inférieure.

Quant au cube de peuplier, il est arrivé, comme ceux qui ont été traités par le lysol et par l'antinonnine, au dernier degré de la décomposition; les deux tiers de la matière ligneuse ont disparu.

La face supérieure du sapin restée à l'air libre est indemne; mais la face inférieure en contact avec le terreau (fumier) est altérée, les zones de bois d'été s'y présentent en fortes saillies, ainsi que sur les faces latérales de la portion enfouie.

8. *Témoins.* — Des cinq sortes de bois mis en expérience tels quels, simplement après dessiccation, c'est le sapin et le pin d'Alep qui ont le mieux résisté; le bois n'est pas décomposé; on ne constate, comme sur les échantillons traités par l'acide fluorhydrique, l'antinonnine et le lysol, que l'usure plus ou moins accusée des zones tendres.

Les cubes de sapin et les demi-rondelles de pin d'Alep plongés dans les carbolineums, le goudron et le microsol sont intacts et ne présentent aucune trace d'usure, même sur la face inférieure la plus exposée.

Ainsi, pour ces deux essences, les quatre derniers antiseptiques se sont montrés efficaces; les trois premiers n'ont eu aucun effet.

L'aubier du chêne est absolument pourri et le cœur même s'est détérioré d'une façon marquée.

L'échantillon est dans un état encore un peu plus mauvais que ceux traités à l'acide fluorhydrique et à l'antinonnine.

Le hêtre est très notablement altéré, mais pas plus que les cubes traités à l'acide fluorhydrique, à l'antinonnine ou au lysol; les autres n'offrent aucun indice de décomposition.

Mêmes observations pour le peuplier, avec cette différence très significative que le *peuplier*, soit laissé tel quel, soit immergé dans l'acide fluorhydrique, dans l'antinonnine ou le lysol, *est, après trois ans d'exposition à l'air* par sa face supérieure et de contact avec le sol (terreau, fumier) par sa face inférieure, *totale-ment décomposé*, tandis que les échantillons *traités par le Carbolineum Avenarius, le Carbolineum du Lion, le goudron ou le microsol sont aussi sains qu'au début de l'expérience.*

Perte en matière organique

Dans ce qui précède, l'action des divers antiseptiques a été appréciée à l'aide de caractères ne nécessitant l'emploi d'aucun instrument; l'aspect général, les modifications dans la teinte, dans l'odeur, dans la dureté, la grandeur des crevasses et des vides, etc., ont servi de critères.

On peut aller plus loin et se rendre compte par des pesées de la quantité *approximative* de matière organique qui a disparu, au détriment de la résistance, de l'élasticité, de la durée du bois. A ces divers points de vue, le meilleur antiseptique sera celui qui

empêchera toute transformation (solubilisation ou combustion) de la matière ligneuse primitive, lui maintenant ses qualités physiques originelles ; ce qui se peut apprécier le plus aisément par le poids⁽¹⁾.

Le tableau suivant donne les poids des échantillons d'essai de la série A pesés avant et après leur mise en expérience, tous dans les mêmes conditions :

ESSENCES	CARBOLINEUM AVENARIUS				CARBOLINEUM marque Lion				GOUDRON			
	N ^o	Avant		Différence	N ^o	Avant		Différence	N ^o	Avant		Différence
		Gr.	Gr.			Gr.	Gr.			Gr.	Gr.	
Chêne	13	890	1 060	g. 170	15	1 125	1 250	g. 125	21	795	785	p. 10
Pin d'Alep	9	1 285	1 640	g. 355	13	830	975	g. 145	19	770	785	g. 15
Hêtre	12	2 430	2 855	g. 425	16	2 185	2 765	g. 580	20	2 150	2 655	g. 505
Peuplier	11	1 275	1 840	g. 565	19	1 245	1 865	g. 620	25	1 350	1 230	p. 120
Sapin	10	1 395	1 690	g. 295	18	1 325	1 600	g. 275	23	1 325	1 400	g. 75
		7 275		1 810		6 710		1 745		6 390		465

Comparons d'abord les poids et les sections médianes des cubes d'essai plongés soit dans le goudron, soit dans les carbolineums.

Observations. — 1. Comme la dessiccation a été opérée, avant et après, à peu près de la même façon et qu'il n'y a pas eu de perte sensible en matière organique, ce qui est prouvé par l'état de la surface et de la section médiane des quinze échantillons, l'augmentation de poids des échantillons carbolinés provient exclusivement de l'antiseptique absorbé ; cette augmentation s'élève pour les cinq espèces réunies à 25 % environ du poids du bois desséché à l'étuve.

Elle est insignifiante pour le goudron, sauf en ce qui concerne le hêtre, dont le bois s'imbibé avec une facilité particulière et a augmenté son poids de 25 %.

2. Cette différence entre les carbolineums et le goudron de gaz s'explique par ce fait que les carbolineums ont imprégné également tous les tissus des bois sans duramen (peuplier, hêtre) jus-

1. Il y aurait mieux à faire. Par l'emploi du microscope et des réactifs microchimiques on pourrait préciser l'action des divers antiseptiques sur les différents éléments des tissus, l'intensité et la ténacité de leur fixation, les modifications chimiques ou physiques qu'ils y déterminent, la façon et la cause de leur résistance aux attaques des champignons, des insectes, aux influences atmosphériques. Mais il faut reconnaître que nous ne possédons jusqu'alors presque aucune donnée sur ces points si importants pour la pratique.

qu'au centre et tout l'aubier des bois à duramen bien distinct (chêne, pin), partiellement même ce duramen, tandis que le goudron ne forme qu'un mince revêtement de 1 millimètre environ autour du chêne, du pin et du peuplier (1); chez le hêtre l'imprégnation du goudron est bien plus profonde.

Les bois sans duramen semblent avoir absorbé moins de *Carbolineum Avenarius* que de carbolineum Lion; l'augmentation de poids a été de 17 % avec le premier pour le hêtre et de 26 % avec le second; le poids du peuplier s'est accru de 44 % dans le *Carbolineum Avenarius* et de 49 % dans l'autre marque.

Les bois à duramen au contraire n'ont augmenté dans cette dernière mixture que de 11 % (chêne) et 17 % (pin d'Alep), tandis que l'accroissement de poids a été, avec le *Carbolineum Avenarius*, de 19 % (chêne) et 27 % (pin d'Alep).

Sur la périphérie des rondelles (pin, chêne) le goudron ne pénètre pas et ne forme qu'un enduit, tandis que, sur ces mêmes rondelles, non seulement tout l'aubier est entièrement pénétré, mais certaines couches du duramen du pin d'Alep sont injectées soit entièrement, soit partiellement et, alors, c'est toujours la zone de trachéides du bois d'été, à lumen étroit et à parois épaisses, qui absorbe surtout l'antiseptique. Sur le chêne, le carbolineum a pénétré aussi par les fentes dans le duramen qui les avoisine.

Cette expérience montre que pour imprégner aussi complètement que possible des poutres de 15/15 centimètres (et probablement avec le même succès des bois d'un plus fort équarrissage, des traverses de chemin de fer, par exemple) il n'est nullement besoin d'appareils compliqués. Il suffit d'immerger les bois pendant vingt-quatre heures dans du carbolineum, en opérant pendant les chaleurs de l'été pour rendre ces produits aussi fluides que possible et augmenter ainsi leur force de pénétration; mais il est certain que l'imprégnation est beaucoup plus rapide avec du carbolineum chauffé à 60°.

Quelques essais préalables indiqueront le laps de temps nécessaire pour une imprégnation complète et montreront sans doute qu'il suffira de quelques heures et peut-être d'une demi-heure (2).

1. Sur les sections faites dans le sens des fibres, on voit le goudron sous forme de lignes noires très ténues pénétrer dans le lumen des vaisseaux du peuplier jusqu'à une profondeur de 3 à 4 centimètres.

2. Nous avons déjà dit que ce procédé d'injection, le plus simple de tous, allait être

Quant au goudron, même chauffé à 50° ou 60°, il n'a pénétré dans aucun des bois expérimentés, sauf quelque peu dans le hêtre. On peut cependant arriver à faire absorber aux bois 30 à 50 % de leur poids sec de goudron en rendant celui-ci plus liquide par l'action de la chaleur et en utilisant, comme force mécanique, la condensation de la vapeur d'eau produite à une température élevée. Le bois est immergé et, en alternant les effets de chauffe et de refroidissement, on peut arriver, dit M. Melsens⁽¹⁾, à pénétrer complètement certains bois tendres. Avec le procédé que nous avons employé, le goudron ne forme qu'un enduit superficiel et, s'il se fendille, le bois est aisément envahi par les champignons. Les carbolineums à 60° ont, au contraire, pénétré, sans pression artificielle, tous les tissus ligneux, sauf les duramens du chêne, du pin d'Alep et les couches centrales du sapin lesquelles résistent aussi à l'injection sous pression des autres antiseptiques (goudron, créosote, sulfate de cuivre).

Examinons maintenant les poids, l'aspect extérieur et, s'il y a lieu, la section médiane des échantillons de chêne, de pin d'Alep, de hêtre, de peuplier et de sapin qui, après avoir été immergés pendant vingt-quatre heures dans des solutions de microsol, de lysol, d'antinonine et d'acide fluorhydrique, sont restés pendant trois ans exposés aux intempéries et enfouis presque entièrement dans un mélange de terreau et de fumier. Ils fourniront, par leur comparaison avec les échantillons témoins, des notions intéressantes.

Il y a de très grandes différences dans l'état de conservation des bois suivant qu'ils ont été en contact avec tel ou tel antiseptique.

Le tableau ci-contre donne le résultat des pesées.

employé pour les 70 000 traverses du chemin de fer à voie étroite de Toul à Thiaucourt qui sont en chêne avec un équarrissage de 12/18 centimètres et ont une longueur de 1^m,70.

1. MELSENS (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1848 et 1855).

Série A

ESSENCES	MICROSOL				LYSOL				ANTINONINE				ACIDE FLUORHYDRIQUE				TÉMOINS			
	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence
		avant	après			avant	après			avant	après			avant	après					
Chêne	6	Gr. 1 080	995 p. 85	Gr. 870 p. 105	3	Gr. 1 010	720 p. 290	Gr. 970	26	Gr. 970	735 p. 175	22	Gr. 954	709 p. 245	Gr. 980	21	770 p. 210	1 560 p. 595	725 p. 760	
Pin d'Alep	7	1 095	1 010 p. 85	760 p. 63	3	1 210	1 070 p. 140	878	23	792 p. 86	21	770 p. 210	1 560 p. 595	725 p. 760	1 360	1 310 p. 50				
Hêtre	4	2 270	2 270 p. 0	1 918 p. 230	5	2 515	1 250 p. 1 265	2 270	24	1 525 p. 745	9	2 155	1 560 p. 595	725 p. 760	1 360	1 310 p. 50				
Peuplier	8	1 460	1 410 p. 50	562 p. 828	4	1 428	392 p. 1 035	1 385	27	500 p. 885	14	1 485	725 p. 760	1 360	1 310 p. 50					
Sapin	7	1 360	1 390 g. 30	1 350 p. 10	2	1 340	1 280 p. 60	1 365	29	1 290 p. 75	15	1 360	1 310 p. 50							

On voit, d'après les chiffres du tableau, que le sapin est l'essence qui a le mieux résisté, qui a le moins perdu de son poids primitif.

Viennent ensuite le pin d'Alep, puis le chêne. L'aubier de ce dernier est en partie détruit dans les échantillons témoins ou traités par l'acide fluorhydrique, l'antinonnine ou le lysol; cette région si altérable du chêne s'est au contraire fort bien conservée sous l'action du microsol. Avec cet antiseptique, qui paraît devoir être compté parmi les meilleurs, *le hêtre et le peuplier ont gardé leur aspect et leur poids primitifs*, tandis que tous les autres chiffres du tableau se rapportant à ces deux essences accusent une diminution de poids considérable correspondant à une désorganisation profonde des tissus. Cette diminution va du tiers à la moitié pour le hêtre et, dans le peuplier, les trois quarts de la matière organique ont disparu dans quelques spécimens.

SÉRIE B — BOIS PLACÉS DANS DU TERREAU

(jardin de Vézelize)

État des bois

Comme les conditions dans lesquelles ont été placés pendant trois ans les quarante échantillons de la série B sont toujours restées à peu près identiques à celles des bois de la série A, les bois se sont comportés à peu près de la même façon.

On passera donc rapidement sur la description de leur état au terme de l'expérience, renvoyant à ce qui a été dit pour la série précédente.

La moitié de ces bois, ceux qui ont été immergés dans les carbolineums, le goudron et le microsol, a été retirée intacte.

La planche VIII montre sous le n° 14 le hêtre traité au *Carbolineum Avenarius* et qui est admirablement conservé; qu'on veuille bien le comparer au hêtre témoin (même planche n° 1) qui a été soumis aux mêmes influences.

Lysol. — Le chêne est profondément altéré non seulement dans l'aubier, mais même dans le duramen et sur les deux faces de la demi-rondelle. Sur les deux faces aussi, les zones de bois de printemps du pin d'Alep sont corrodées sur tout le pourtour;

l'aubier est intact, tandis que celui du chêne est pourri de tous côtés; conséquemment, la perte en poids, insignifiante pour le pin, s'élève au tiers du poids primitif pour le chêne.

Le hêtre et le peuplier sont aussi fortement décomposés.

Le sapin a le bois de printemps usé à la face inférieure.

Antinonnine. — Comme la série A.

Acide fluorhydrique. — Comme la série A.

Témoins. — Des cinq sortes de bois mis en expérience, c'est, comme dans la série A, le sapin qui est le moins altéré, quoiqu'il le soit notablement plus que l'échantillon du jardin de l'École.

Il est assez curieux de voir le pin d'Alep perdre ici 50 % de son poids, tandis que dans la série A il s'est bien mieux conservé, n'ayant perdu que 20 %. Il est beaucoup plus décomposé que les échantillons traités au lysol, à l'antinonnine ou à l'acide fluorhydrique.

Le chêne, le hêtre (voir la planche VIII) et le peuplier présentent aussi des tissus ligneux très fortement altérés, plus que les échantillons correspondants de la série A.

Le *terreau* semble donc être un pourrissoir plus énergique que le *fumier* ordinaire.

Perte en matière organique

Les observations précédentes sont corroborées par la détermination des poids avant et après l'expérience. Voici d'abord les poids des cubes plongés soit dans le goudron, soit dans les carbolineums.

Série B

ESSENCES	CARBOLINEUM AVENARIUS				CARBOLINEUM marque Lion				GOUDRON			
	N°	Avant	Après	Dif- férance	N°	Avant	Après	Dif- férance	N°	Avant	Après	Dif- férance
		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.
Chêne.	10	890	1 080	g. 190	16	1 015	1 270	g. 255	20	890	875	p. 15
Pin d'Alep.	11	1 005	1 280	g. 275	15	885	1 045	g. 160	18	810	855	g. 45
Hêtre.	14	2 135	2 960	g. 825	19	2 185	2 825	g. 640	21	2 170	2 720	g. 550
Peuplier.	13	1 505	1 935	g. 430	21	1 310	1 680	g. 370	23	1 420	1 035	p. 385
Sapin.	12	1 400	1 600	g. 200	20	1 350	1 540	g. 190	23	1 325	1 540	g. 215
		6 935		1 920		6 745		1 615		6 615		810

L'augmentation de poids due à l'absorption du carbolineum s'élève, dans les conditions de l'expérience, pour l'ensemble des

cinq essences, à 25 % (série A) et à 28 % (série B) pour le *Carbolineum Avenarius*, et à des chiffres très voisins 26 % (série A), 24 % (série B) pour le carbolineum marque du Lion.

Le bois de chêne a absorbé 20 % de son poids de *Carbolineum Avenarius* et 18 %⁽¹⁾ de son poids de carbolineum Lion.

Celui de hêtre, 27 % de chacun de ces produits.

Celui de peuplier, 36 % à 38 %; le poids du sapin n'a augmenté que de 18 %.

On voit que, pour les deux séries, l'augmentation de poids due à l'enduit formé par le goudron est insignifiante, sauf en ce qui concerne le hêtre dont le poids s'est accru de 24 %⁽²⁾, comme dans la série A.

On peut, avec ces données, calculer approximativement la quantité de l'un de ces produits qui sera nécessaire pour imprégner un certain poids de bois et déterminer le prix de revient de l'opération.

Dans le tableau ci-contre, on a réuni les poids (avant et après l'expérience) des échantillons traités au microsol, au lysol, à l'antinonnine et à l'acide fluorhydrique, ainsi que ceux des échantillons témoins.

On voit que, comme pour la série A, les spécimens microsolés ont gardé toute leur matière organique; la balance n'accuse que des différences insignifiantes en plus ou en moins dans le poids primitif.

Les bois ont leur aspect, leur teinte, leur dureté du début de l'expérience, tandis que le lysol, l'antinonnine, l'acide fluorhydrique n'ont eu aucun rôle utile; les bois traités par ces antiseptiques sont tout aussi altérés, quelquefois plus, que les témoins.

Les résultats obtenus avec la série B démontrent mieux que ceux de la série A l'efficacité des carbolineums, du goudron et du microsol, parce que les échantillons témoins de cette série B (jardin de Vézélise) sont manifestement plus décomposés que ceux du jardin de l'École. Les conditions extérieures se sont montrées moins favorables à Vézélise qu'à Nancy pour la conser-

1. Ces doses considérables tiennent à ce que, d'après la forme et le faible diamètre des échantillons (demi-rondelles), l'aubier occupait dans le volume total une proportion inusitée.

2. C'est le bois de hêtre qui absorbe le mieux le goudron. Sur certains points, dans le bois plein, sans aucune fente, le goudron a pénétré à 1 centimètre.

Série B

ESSENCES	MICROSOL			LYSOL			ANTINONINE			ACIDE FLUORHYDRIQUE			TEMOINS		
	Numéros	POIDS		Numéros	POIDS		Numéros	POIDS		Numéros	POIDS		Numéros	POIDS	
		avant	après		avant	après		avant	après		avant	après			
														Différence	Différence
Chêne	7	Gr. 1 030	Gr. 995 p. 35	Gr. 950	Gr. 625 p. 325	Gr. 800 p. 320	Gr. 1 120	Gr. 950	Gr. 755 p. 195	Gr. 870	Gr. 675 p. 195		Gr. 870	Gr. 675 p. 195	
Pin d'Alep	5	900	895 p. 5	870	810 p. 60	1 020 g. 30	990	890	830 p. 60	22	565 p. 560		1 125	565 p. 560	
Hêtre	10	2 280	2 360 g. 80	2 235	1 695 p. 540	1 275 p. 970	2 245	2 135	1 270 p. 865	1	680 p. 680		2 360	1 680 p. 680	
Peuplier	9	1 270	1 395 g. 125	1 385	1 135 p. 250	550 p. 1 355	1 905	1 145	660 p. 485	15	445 p. 445		1 355	910 p. 445	
Sapin	8	1 485	1 510 g. 25	1 300	1 235 p. 65	1 310 g. 20	1 290	1 325	1 230 p. 95	14	215 p. 215		1 495	1 280 p. 215	

vation des bois⁽¹⁾. Ainsi le sapin et le pin d'Alep témoins de la série B sont bien plus décomposés que ceux de la série A, comme l'indique leur perte en poids beaucoup plus accusée; le hêtre et le peuplier témoin montrent aussi un degré de décomposition plus avancé.

Enfin, la pesée, confirmant l'examen à la vue, indique que c'est, comme pour la série A, le sapin qui, mis tel quel dans le terreau, a le mieux résisté.

Résumé de la première partie

1° Avec le procédé adopté, les deux variétés de carbolineum ont pénétré jusqu'au centre du peuplier, du hêtre, du sapin et ont imbibé tout l'aubier du chêne et du pin d'Alep, même quelques plages de leur duramen, sans qu'il ait été besoin de recourir à la vapeur et à la pression. La teinte brune que prend le bois partout où a pénétré le carbolineum est, à cet égard, tout à fait démonstrative. Mais le microsol, qui imbibe le bois aussi à fond que le carbolineum, ne peut être décelé que par le réactif du cuivre. Les augmentations de poids relevées pour chaque essence donneront des indications sur la quantité nécessaire à l'imprégnation d'un poids donné de matière ligneuse par les carbolineums ou les produits analogues;

2° Des échantillons témoins, laissés trois ans en plein air dans le terreau ou le fumier, c'est le sapin qui s'est le mieux conservé; après, vient le pin d'Alep. L'aubier du chêne, ainsi que le hêtre et le peuplier, sont très altérés; leur bois n'a plus aucune résistance; on serait obligé de le remplacer⁽²⁾;

3° Le point important à retenir est que, dans les deux séries A et B, *le lysol, l'antinonnine, l'acide fluorhydrique n'ont eu aucune action préservatrice*; les échantillons qui ont été en contact avec ces produits sont aussi décomposés, sinon plus, que les témoins. Au contraire, *le chêne, le pin d'Alep, le hêtre, le peuplier, le sa-*

1. Le climat est à peu près le même; les bois de la série B étaient enfoncés rez terre dans du vieux terreau de couche et ceux de la série A dans du fumier. Est-ce là la raison? En tout cas, la différence dans l'état des témoins était très sensible.

2. Le terreau semble constituer un meilleur pourrissoir que le fumier; tous les bois plongés dans le terreau étaient plus altérés que les échantillons placés dans le fumier, sauf le peuplier; pour les résineux surtout (pin d'Alep, sapin) la différence de poids est très sensible.

pin traités soit par le Carbolineum Avenarius, soit par le Carbolineum marque du Lion, soit par le goudron, soit par le microsol, sont tous aussi intacts qu'au début de l'expérience. Ils vont être remis en place ; on verra plus tard quel est celui dont l'efficacité se prolongera le plus longtemps.

Résultats après des expériences de plus longue durée

D'après les attestations fournies par les fabricants du *Carbolineum Avenarius* et par nombre de personnes ayant utilisé ce produit, la protection du bois par cet antiseptique se prolongerait fort longtemps. Citons seulement deux faits bien probants :

1° Une planche de sapin immergée dans le *Carbolineum Avenarius* et placée dans un sol très humide et riche en humus était complètement saine après vingt ans, tandis qu'un poteau de sapin non imprégné et voisin était absolument pourri après cinq ans.

Des échalas, des pieux, des clôtures sont, disent les prospectus de cette société, aussi intacts après vingt et même vingt-cinq ans qu'au moment de la mise en place ; il n'y a que l'usure atmosphérique des couches tendres de bois de printemps qui ne peut être évitée.

Toutes les attestations parlent de l'emploi de cet antiseptique à chaud⁽¹⁾ ;

2° Des lattes en bois de hêtre provenant d'une clôture de jardin, peintes une seule fois avec du *Carbolineum Avenarius* chaud, et posées au printemps de 1888, ne présentent encore aujourd'hui (1907), après dix-neuf ans, aucune trace d'altération.

1. L'imprégnation est beaucoup plus rapide à chaud. Une planche de hêtre plongée dans le *Carbolineum Avenarius* à chaud (65°-70°) s'imprègne instantanément, en une minute. Immergé pendant dix minutes dans ce même produit à 18°, le fragment de planche de hêtre examiné au bout de quatre jours n'est pas imprégné complètement ; il ne l'est qu'au bout d'une quinzaine de jours, par exemple, l'imprégnation du tissu ligneux ne se faisant que peu à peu. Nous répétons que nous n'entendons nullement affirmer la supériorité de la marque *Avenarius* sur les autres produits similaires ; la marque du *Lion* s'est montrée aussi efficace pour la préservation des bois pendant ces trois ans. S'il en est question ici, à l'exclusion des autres marques, c'est que ce produit, inventé en 1875 par M. Avenarius, est le plus employé, du moins dans le nord-est de la France ; que les grands consommateurs (chemins de fer de l'Est, usines Solvay) le préfèrent ; qu'il semble le meilleur, d'après les expériences rapportées plus haut, et d'une composition constante, ce qui est une condition *capitale* pour un antiseptique.

II — BOIS A L'ABRI

Conditions à réaliser

Les bois en œuvre sont souvent abrités contre les intempéries.

Dans ces conditions, l'expérience prouve que, s'ils ont été employés à l'état sec, s'ils ont été mis en place dans des milieux restant toujours secs, si enfin ils ne sont pas envahis par des insectes, ils se maintiennent pour ainsi dire indéfiniment en bon état.

Que si, par contre, au moment de la mise en œuvre, leur dessiccation est incomplète, s'ils sont en contact avec un air humide, chaud et confiné, les germes (spores ou mycélium) qu'ils recèlent ou qu'ils peuvent recevoir du dehors se développent en un stroma plus ou moins vigoureux, de forme particulière pour chaque espèce de champignon. Grâce aux ferments qu'ils sécrètent, ces hyphes désorganisent le bois et le rendent bientôt impropre à l'emploi qui lui avait été assigné.

Il fallait trouver un milieu remplissant les conditions précédentes et se rapprochant, par suite, de celles qui favorisent le développement du redoutable *champignon des maisons* (*Merulius lacrymans*).

Nous avons cru le rencontrer dans les galeries des mines de feroolithique de l'étage toarcien aux environs de Nancy. Les vousoirs et les étais des galeries maîtresses sont revêtus de nombreux champignons dont le stroma extraordinairement développé, atteignant des proportions inusitées, montre que le milieu est aussi favorable que possible au développement des champignons lignivores; parmi eux, on a souvent trouvé le *Merulius lacrymans* et le *Poria* (*Physisporus*) *vaporaria*, si communs dans les habitations.

La température est constante, oscillant autour de 10° à 12°; l'air est toujours suffisamment chaud et humide et ne se renouvelle que lentement. Deux séries d'échantillons ont été disposées dans deux de ces galeries; la série C a été placée dans la galerie 3 bis sur le sol même, la série D sur des bois champignonnés dans la galerie 4 bis.

Principales espèces de champignons s'attaquant aux bois en œuvre

Les antiseptiques appliqués sur les séries C et D devaient les protéger exclusivement contre les champignons, puisque, par leur situation même, les bois mis dans les galeries de mines n'avaient rien à redouter des intempéries ni des insectes.

Merulius lacrymans. — Parmi ces champignons destructeurs des bois en œuvre, le plus important de beaucoup par sa fréquence, par l'intensité et la rapidité de ses dégâts est le *champignon* dit *des caves* ou *des maisons* (le *Hausschwamm* des Allemands) dont le nom scientifique est *Merulius lacrymans* Jacq (¹).

On se contentera ici de résumer ses principaux caractères et de montrer le grand intérêt que nous avons à préserver de ses atteintes les bois de nos habitations, en renvoyant le lecteur désireux de le connaître plus à fond aux nombreux travaux spéciaux dont ce champignon a été l'objet (²).

Il fait partie de la grande famille des Polyporées, caractérisée par ce fait que l'assise génératrice des spores (*hyménium*) est disposée à la face inférieure du chapeau sur des lames anastomosées en réseaux ou en tubes plus ou moins larges.

Parmi les diverses formes du genre *Merulius*, caractérisé par son hyménium plissé-réticulé, à plis anastomosés formant des aréoles ou de larges cellules, l'espèce la plus importante est celle dont nous nous occupons. On l'a nommée *lacrymans*, c'est-à-dire *pleureur* parce que, dans les espaces fermés, quand il ne peut

1. Il s'appelle encore *Serpula lacrymans* Wulf. ou *Merulius destruens* Pers. ou *Merulius vastator* Tode. Ces deux derniers noms spécifiques font une allusion expressive à ses éminentes qualités destructrices. Son nom vulgaire allemand *champignon des maisons* est plus exact que la dénomination française (*champignon des caves*) puisqu'il attaque souvent aussi la charpente des étages supérieurs.

2. C'est au célèbre professeur de Munich, ROBERT HARTIG, que l'on doit les premières recherches approfondies (1878) sur la destruction des bois par les champignons. En 1875, il publia son important travail : *Der echte Hausschwamm*, dont son élève et continuateur M. von TUBEUF, vient de donner en 1902 une seconde édition (104 pages in-8) très augmentée. Beaucoup d'autres auteurs allemands, et en dernier lieu MÖLLER (1903), se sont occupés de ce terrible destructeur. La brochure de DIETRICH (Berlin, 1898, 2^e édit.) : *Die Hausschwammfrage vom bautechnischen Standpunkte*, est particulièrement importante pour les praticiens. Dans la littérature française on trouvera un bon résumé de nos connaissances sur ce sujet dans l'*Étude sur le champignon des maisons*, par J. BEAUVÉRIE, 64 pages, 9 figures, Rey, Lyon, et dans l'ouvrage *Le Bois*, par le même auteur, Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Voir aussi mes articles, *Revue des Eaux et Forêts*, 1901 et 1902.

céder son eau à du bois, il l'élimine sous forme de gouttes ressemblant à des larmes.

Mycélium. — Le mycélium est d'abord d'un blanc pur ; il devient grisâtre avec l'âge. Les filaments s'accolent et s'enchevêtrent pour former des lames parfois très minces, ayant l'apparence et la minceur du *papier de soie*. Quand le mycélium est richement alimenté, dans un air humide et chaud, il peut former de vastes revêtements d'un blanc de neige ayant plusieurs centimètres d'épaisseur, absolument semblables à d'épaisses feuilles d'*ouate*. Une troisième forme, très importante, du mycélium du mэрule est la forme en *cordons* grâce auxquels le champignon, extrêmement avide d'eau, peut la transporter de la cave au grenier et continuer là son action destructrice. Ces cordons sont tout d'abord simplement des filaments ténus qui, profitant de toutes les crevasses, de tous les joints, cheminent à travers la maçonnerie et les couches de terre, ou derrière les boiseries ou dans les fissures des bois de charpente, et sont alimentés et humectés par les cordons situés en arrière.

Une fente de muraille, traversée au commencement par ces filaments ou hyphes tendres, laineux, contiendra plus tard un cordon épais, résultant de l'agglutination et de la prolifération de ce mycélium. Il y a dans ces cordons un *appareil tégumentaire*, sous forme d'une couche très serrée, sans méats, d'hyphes grisâtres, un *appareil conducteur*, sorte de larges vaisseaux formés par des hyphes entourant un espace vide ; on y trouve aussi des fibres très résistantes, à lumen presque imperceptible et à parois épaisses qui jouent le rôle du stéréome ou *appareil de soutien*, et les hyphes ordinaires, tendres, riches en plasma, avec leurs *cellules à boucles* (*Schnallenzellen*), sont l'appareil conjonctif et assimilateur où s'accomplissent les actes chimiques d'assimilation et de mise en réserve. C'est là un très remarquable exemple d'adaptation qu'on ne trouve que chez ce champignon, lequel modifie son organe unique, l'*hyphe*, de façon à former avec lui les quatre principaux appareils ou tissus des plantes supérieures. C'est par ces larges tubes, ces sortes de vaisseaux, que l'eau puisée dans les parties humides peut monter à une dizaine de mètres pour constituer de nouveaux filaments et humidifier le bois environnant, le rendant apte à être attaqué.

Fructification. — Quand le mycélium s'est suffisamment déve-

loppé dans son milieu nourricier, qu'il a accumulé une provision suffisante de matières plastiques et qu'il peut enfin arriver à l'air libre, il ne tarde pas à donner naissance aux fructifications bien connues. On voit, sur ce blanc tapis d'ouate, la masse mycélienne, d'abord blanche et peu serrée, devenir plus compacte, se colorer çà et là en rougeâtre, présenter des plis vermiformes qui bientôt se couvrent de spores couleur de rouille, à tel point que toute la surface fertile prend une coloration orangée foncée.

Les spores des basides ont 1 centième de millimètre de longueur et moitié moins de largeur.

Destruction du bois par le mэрule. — Ces spores apportées par le vent, ou les ouvriers ou les marchandises, existant même peut-être déjà dans les fentes du bois au moment de la mise en place (¹), germent sur les bois humides; elles émettent à une de leurs extrémités un tube mycélien qui pénètre dans l'intérieur du bois, se ramifiant bientôt d'autant plus abondamment et vigoureusement qu'il circule dans un milieu plus riche. Ces filaments (hyphes) percent les parois des fibres ligneuses en y faisant de très fines perforations qui ne s'élargissent pas plus tard et qui sont très difficiles à observer au microscope, ce qui a fait croire à certains auteurs que le bois envahi par le mэрule n'offrait pas de perforations dues au champignon. C'est grâce aux diastases que sécrètent les hyphes, surtout près de leur point végétatif, que ceux-ci peuvent attaquer, rendre solubles et plus ou moins assimilables les éléments des tissus et notamment la gomme de bois (lignigomme), la coniférine, à un moindre degré, la cellulose. Il arrive un moment où le bois ne présente plus la réaction de la lignine, c'est-à-dire ne se colore plus en rouge par l'action de la phloroglucine et de l'acide chlorhydrique, mais il réalise au contraire la réaction de la cellulose en se colorant en bleu par le chloro-iodure de zinc.

Le bois épuisé par le champignon s'est transformé en une substance brune consistant en lignigomme, en tannin (²) et en

1. Quoique le champignon soit rare en forêt, il y existe cependant et le bois peut être déjà infesté là ou dans les divers chantiers où il a séjourné avant d'arriver à pied d'œuvre. Ces spores conservent longtemps leur faculté germinative. HARTIG en a vu germer après plus de sept ans.

2. Les dictionnaires de l'Académie et de Littré écrivent *tannin*; mais les anciens lexiques et les anciens auteurs (ex. : Thénard cité par Littré au mot *tan*) orthographiaient *tannin*; la plupart des auteurs modernes, obéissant à la logique, suivent cet exemple. *Tannage*, *tanner*, *tannique*, *tanneur* et vingt autres dérivés prennent deux *n*; pourquoi *tannin* seul n'en prendrait-il qu'une ?

oxalate de chaux. Tant que le bois contient de l'eau en abondance, il garde son volume primitif; mais, quand elle a disparu, il prend un tel retrait qu'il se produit des crevasses à angle droit l'une sur l'autre et que le bois se fragmente, sous la moindre pression des doigts, en fragments cubiques et, si on insiste, en poussière couleur tabac d'Espagne. L'ongle pénètre facilement dans le bois décomposé qui prend une coloration brune particulière bien significative.

En quelques années, *même en quelques mois*, ce parasite énergique *peut détruire la charpente d'une maison neuve*. On connaît de nombreux exemples.

Il est d'autant plus urgent de prendre des précautions contre ce champignon qu'il se développe de plus en plus et que ses dégâts sont beaucoup plus fréquents qu'autrefois.

Comme on ne peut reconnaître, au moment de la réception des bois, s'ils renferment ou non des germes d'infection (spores ou mycélium), comme on ne peut être sûr qu'ils n'en recevront pas du dehors à un moment donné, il est sage d'agir comme si tous les bois en œuvre possédaient déjà ces germes ou devaient les posséder un jour et de se placer dans des conditions telles qu'ils ne puissent se développer.

Il n'y a pour cela que deux moyens :

1° Le mérule est très avide d'eau; il l'emprunte aux bois, aux murs, à l'air même avec lesquels il est en contact et la transporte avec lui par ses cordons d'un bout à l'autre du bâtiment.

Pour qu'il se développe, il lui faut de l'humidité et inversement la dessiccation le tue ou, en tout cas, le paralyse.

Donc, en n'employant que des bois bien secs, en encastrant les poutres dans des murs bien secs et assez épais pour s'opposer à la pénétration de l'humidité extérieure (murs exposés aux vents de pluie), en évitant toute cause de réhumectation permanente, ou en tout cas prolongée, d'une partie quelconque des bois d'une maison, en aérant et chauffant assez les pièces pour que les bois ne puissent reprendre une quantité notable de l'humidité atmosphérique, on est sûr que les champignons ne se développeront pas. Les charpentes, ou les planchers ou les meubles, pourront être détruits par les insectes; on n'aura à craindre aucune végétation cryptogamique;

2° Mais il faut reconnaître qu'on est bien rarement sûr de

pouvoir se placer dans les conditions précédentes, surtout avec les habitudes actuelles des commerçants en bois et des entrepreneurs de constructions.

Heureusement, il y a un autre moyen d'empêcher les champignons de se développer *même dans des poutres insuffisamment sèches placées dans des murs frais*, même dans des travures et des planchers posés directement sur le sol frais; c'est d'enduire les parties des bois qui doivent être en contact avec des milieux humides (murs, sol) ou même les bois tout entiers, s'ils sont trop peu secs, avec des antiseptiques éprouvés, d'une efficacité reconnue, qui empêcheront le développement des germes préexistants ou futurs.

C'est pour guider les propriétaires, architectes, entrepreneurs dans le choix de ce meilleur antiseptique que nous avons installé des bois de diverses essences et diversement antiseptisés dans un milieu très favorable au développement des végétations cryptogamiques.

Polyporus vaporarius Fries. (*Poria vaporaria* Pers). — Voici une autre polyporée qui se présente beaucoup plus fréquemment en forêt (sur les pins, les épicéas) que l'espèce précédente. Elle infecte aussi bien les racines que les blessures de la base du fût. Le bois attaqué devient brun rouge, léger comme du liège, se fend par le dessèchement, s'écrase facilement en menus fragments et se rapproche peu à peu de l'état du bois à demi carbonisé sans devenir cependant jamais noir (1). Non seulement il est très dommageable sur les arbres vivants, mais, après le *mérule pleureur*, c'est sûrement lui qui cause le plus de dégâts dans les bois de construction.

Si l'on emploie dans les maisons du bois envahi par ce champignon et que ce bois ne se dessèche pas assez vite, le mycélium se développe plus ou moins abondamment *et détruit en peu de temps tout le matériel ligneux*. C'est surtout dans les caves et dans les rez-de-chaussée dont les planchers reposent sur le sol qu'il se propage le plus; il provoque une décomposition qui res-

1. Ce parasite, dit M. MATHEY, *loc. cit.*, p. 166, engendre une pourriture du pied, excessivement fréquente sur les sapins des forêts du Jura et du Doubs où elle est connue sous les noms de *pain d'épice*, *pourriture liège*, etc. Cette maladie s'observe surtout chez les très gros arbres et offre une frappante analogie de facies et de développement avec la pourriture rouge du chêne, due le plus souvent à un autre polypore, le *P. sulphureus* (quelquefois au *Stereum frustulosum*).

semble beaucoup à celle du *mérule*. Le *P. vaporarius* absorbe pour son alimentation presque toute la cellulose des parois lignifiées, grâce à la diastase sécrétée par ses filaments mycéliens. Comme sur les arbres vivants, le bois devient brun clair, puis brun rouge, se crevasse suivant deux directions perpendiculaires. Par la dessiccation, les fentes s'élargissent, le bois perd toute consistance, devient extrêmement léger, s'écrasant aisément sous la moindre pression en menus fragments anguleux. Son mycélium s'étale à la surface des planches ou des poutres en lames minces d'un blanc pur ou en cordons qui ne deviennent jamais grisâtres comme chez le *mérule*.

Ses fructifications sont tout à fait différentes aussi (1).

La grande différence au point de vue des dégâts entre ces deux champignons éminemment destructeurs consiste en ce fait que le *P. vaporarius* est limité dans son champ d'action aux sous-sols et aux rez-de-chaussée. Il ne possède pas, comme le *Merulius lacrymans*, ces cordons si hautement différenciés qui permettent à ce dernier de porter jusqu'aux étages supérieurs l'eau puisée dans les caves, d'humecter ainsi et de décomposer les bois des parties les plus élevées des édifices (2).

Autres champignons destructeurs des bois en œuvre. — D'autres espèces, appartenant encore en majeure partie à la grande famille des *Polyporées* dont le bois sur pied ou en œuvre a tant à se plaindre, se rencontrent de temps en temps dans les maisons ou sur les bois exposés à l'air (poutres de ponts, clôtures, traverses de chemin de fer, etc.). Nous citerons :

Merulius aureus dont le mycélium ne forme pas de cordons épais comme le *mérule* ordinaire ;

1. Elles sont blanches, formant des croûtes de 5 millimètres d'épaisseur solidement adhérentes au substratum ; suivant le degré d'humidité et de chaleur, suivant l'emplacement, elles affectent les formes les plus diverses ; elles ne sont pas pérennes. Les tubes hyménophores de la surface libre sont toujours plus ou moins inclinés ; ils portent un hyménium composé de basides claviformes avec spores incolores ayant 5-6 μ de long (le μ est 1 millième de millimètre) et 3-3,5 μ de large, et répandent une odeur forte *sui generis*.

2. M. Woy (*Zeitschrift für die Pflanzenkrankheiten*, 1903, p. 303) a observé qu'en Silésie le *Polyporus vaporarius* est plus commun que le *Merulius* ; il l'a constaté en ces dernières années dans plus de trois cents maisons. Il attribue cette fréquence à ce que, dans l'Allemagne orientale, on emploie de plus en plus des poutres et des planches de sapin de Galicie. Les arbres sur pied sont déjà attaqués par ce polypore. Dans les constructions neuves il commet ses dégâts surtout dans les trois premières années. Il est bien plus sous la dépendance du taux d'humidité du bois que le *mérule* et, par suite, il est plus facile de prévenir son apparition ou de le détruire.

Coniophora cerebella, ressemblant beaucoup au *Merulius*, mais dont l'hyménium ne présente jamais de plis saillants réticulés, dont les spores sont plus grosses (9-12 μ de long, 5-8 μ de large), régulièrement ellipsoïdes et d'une teinte plus brune ;

Lenzites sepiaria (*L. abietina*) dont le mycélium forme sur les poutres des masses grises ou brun-rouille, laineuses ou en bourrelets feutrés ; il peut parfaitement détruire les charpentes et traverser les murs. Les hyphes sont brun jaunâtre, entortillés, rarement ramifiés, présentant aussi des cellules à boucles ;

Dædalea quercina, *Trametes gibbosa* ont décomposé ⁽¹⁾ des traverses de chêne injecté venant du Nord par flottage. Ces traverses avaient déjà du reste dix-huit ans de durée. On trouve aussi le *Dædalea quercina*, le *Corticium giganteum* dans les maisons, sur les poutres et les planches de chêne ;

Leptoporus destructor, *Lentinus squamosus*, *Paxillus acheruntius*, *Coprinus radians*, *Fomes annosus*, *Fomes pinicola*, *Merulius* (*Trametes*) *serpens*, *Psathyrella disseminata* ont été signalés, mais rarement, sur les bois en œuvre.

Les auteurs (HENNINGS) citent encore nombre d'ascomycètes et de sphéropsidacées.

SÉRIE C — BOIS PLACÉS DANS LA GALERIE 3^{bis}

(sur le sol même)

État des bois

Les trente-cinq échantillons sont restés, pendant trois ans, du 12 novembre 1903 au 12 novembre 1906, dans l'air humide et confiné de cette galerie, à la température de 8° à 12°.

Depuis leur sortie de la mine ils ont séjourné dans une chambre, soumis aux mêmes conditions que les échantillons des autres séries.

Ils ont été examinés et pesés en février 1907.

Carbolineums et goudron. — Les bois de chêne, pin d'Alep, hêtre, peuplier, sapin, qui ont été immergés pendant un jour soit dans le *Carbolineum Avenarius*, soit dans le carbolineum marque du Lion, soit dans le goudron, ont été retirés de la

1. En 1906, à la gare de Darnieulles, notamment.

galerie dans un état parfait de conservation, sauf la demi-ronnelle goudronnée de pin d'Alep. Une fente s'est produite à l'intersection de la surface cylindrique avec la section diamétrale et le long de cette fente tout l'aubier est altéré; on sait que le goudron ne forme qu'un revêtement superficiel.

Microsol. — Tous les spécimens sont intacts.

Lysol. — L'aubier du chêne est décomposé sur son pourtour; le pin est très altéré sur la section diamétrale, entièrement revêtue d'une plaque de mycélium.

Le hêtre, le peuplier, le sapin, ces deux derniers surtout, sont fortement décomposés.

Antinonnine. — Le chêne est bien conservé; le pin et le hêtre ne présentent que quelques traces d'altération; le peuplier paraît extérieurement en bon état quoique son poids ait diminué du quart.

Quant au sapin, il est resté indemne.

Témoins. — L'aubier du chêne est décomposé surtout du côté qui reposait sur le sol; le pin d'Alep et le hêtre sont altérés sur toutes les faces; le bois du peuplier et celui du sapin n'offrent plus aucune résistance.

Perte en matière organique

Malgré les conditions très différentes de celles des bois des séries A et B exposés aux intempéries, les gains en poids des échantillons de la série C, carbolinés ou goudronnés, restent à peu près les mêmes.

La préservation a été parfaite.

Série C

ESSENCES	CARBOLINEUM AVENARIUS				CARBOLINEUM marque Lion				GOUDRON			
	N°	Avant	Après	Dif- férence	N°	Avant	Après	Dif- férence	N°	Avant	Après	Dif- férence
		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.
Chêne	12	1 110	1 235	g. 125	17	910	1 160	g. 250	19	840	920	g. 80
Pin d'Alep	10	1 180	1 420	g. 240	14	900	1 095	g. 195	20	780	770	p. 10
Hêtre	13	2 255	2 830	g. 575	17	2 305	2 925	g. 620	23	2 300	2 700	g. 400
Peuplier	12	1 285	1 815	g. 530	18	1 470	1 745	g. 275	22	1 140	1 350	g. 210
Sapin	11	1 290	1 655	g. 365	19	1 335	1 470	g. 135	23	1 325	1 450	g. 125
		7 120		1 835		6 920		1 475		6 385		815

Le peuplier, le sapin, le hêtre ont absorbé respectivement 41, 28 et 25 % de leur poids en *Carbolineum Avenarius*. La planche VII montre que, pour le sapin, cette imprégnation (de 28 %) est largement suffisante; la section médiane (n° 11) aussi bien que la surface sont absolument intactes après trois ans de séjour dans la galerie, tandis que l'échantillon témoin voisin (n° 17) est entièrement décomposé; son bois déformé, parsemé de larges fentes, n'a plus aucune résistance et a perdu plus de la moitié de son poids initial.

Le *microsol* s'est accusé aussi bon conservateur des bois en air confiné propice aux champignons que des bois en plein air. La planche V représente la section médiane du cube de peuplier n° 6 qui, après avoir été immergé pendant vingt-quatre heures dans une solution de *microsol* à 4 %, est resté trois ans dans une galerie de mine. On voit que ce bois, qui compte parmi les plus putrescibles, est demeuré absolument sain, tandis que le peuplier témoin (bas de la planche) est notablement décomposé.

Les résultats donnés par l'*antinnonnine*, produit très vanté comme efficace contre le mэрule, ont été bien meilleurs que dans les séries précédentes, exposées aux intempéries. Tandis que les deux cubes de peuplier traités à l'*antinnonnine* ne sont que pourriture dans les séries A et B, celui de la série C semble intact.

Quant aux témoins, le fait le plus remarquable est la profonde altération du sapin, bois qui s'était conservé le mieux en plein air. Il est même plus décomposé que le peuplier dont la section médiane est figurée sur la planche V; comme ce dernier, comme aussi le hêtre et le pin d'Alep, il a perdu, nous venons de le dire, pendant ses trois ans de séjour dans la galerie de mine 3 bis, plus de la moitié de son poids.

Série C

ESSENCES	MICROSOL				LYSOL				ANTINONNINE				TÉMOINS			
	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence
		Avant	Après			Avant	Après			Avant	Après			Avant	Après	
Chêne. . . .	8	1 110	1 185	g. 75	29	1 295	1 090	p. 205	5	1 160	1 050	p. 110	25	945	750	p. 195
Pin d'Alep. .	6	1 150	1 155	g. 5	27	1 310	870	p. 440	4	1 210	1 115	p. 95	28	1 415	705	p. 710
Hêtre. . . .	11	2 135	2 135	g. 0	28	2 335	1 400	p. 935	8	2 425	1 675	p. 750	26	2 140	1 175	p. 965
Peuplier. . .	6	1 180	1 160	p. 20	29	1 410	1 015	p. 395	1	1 755	1 290	p. 465	16	1 515	700	p. 815
Sapin. . . .	9	1 395	1 345	p. 50	27	1 510	845	p. 665	3	1 240	1 335	g. 95	17	1 350	585	p. 765

Il est intéressant de remarquer que, si le chêne n'a pas perdu plus de son poids dans la galerie qu'à l'air libre, il n'en a pas été de même des deux résineux (pin d'Alep et sapin) qui se sont beaucoup moins bien maintenus dans la galerie. Le hêtre et le peuplier se sont aussi altérés au moins autant à l'abri qu'en plein air.

Comparons ce hêtre témoin avec ceux qui ont été traités à l'antinonnine et au microsol.

Le hêtre témoin paraît sain à l'extérieur, qui offre une surface bien lisse et sans fissure. Mais il est profondément altéré au cœur. Une section médiane montre le bois totalement *échauffé*, sillonné de grandes fentes qui se ferment vers la surface, au contraire de ce qui se voit chez les hêtres témoins des séries A et B. Dans ces fentes abondent des plaques de mycélium blanc qui a décomposé le bois au point de lui faire perdre presque la moitié de son poids. Ce cube est extrêmement léger et sonne le creux ; sa densité n'est plus que 0,396. Celle du hêtre à l'antinonnine a diminué aussi, mais moins ; elle atteint encore 0,538 et le bois paraît en bon état.

Le hêtre microsolé a conservé sa densité première 0,707 et sa teinte normale. Ce bois est certainement aussi sain qu'au moment de sa mise en place. Des antiseptiques tels que ce microsol, qui préservent de toute décomposition, pendant trois ans, des bois aussi altérables que le hêtre et le peuplier, placés dans les pires conditions, ont certes une grande utilité.

SÉRIE D — BOIS PLACÉS DANS LA GALERIE 4^{bis}

(sur des planches champignonnées)

État des bois

Les trente-cinq échantillons sont restés, pendant trois ans, dans la galerie 4^{bis}, voisine de la galerie 3^{bis} où étaient les bois de la série C. Ils ont été soumis aux mêmes conditions, non seulement dans la mine, mais depuis leur sortie. Les trois seules différences sont celles-ci :

1° Dans l'espoir de favoriser l'infection, les cubes d'essai ont été placés sur des planches visiblement envahies par des mycéliums ;

2° On a remplacé les cinq échantillons lysolés par des bois traités à l'acide fluorhydrique ;

3° Pour voir comment ces bois laissés deux ans dans la galerie se comporteraient en plein air et comment agiraient les antiseptiques sur des bois exposés brusquement aux intempéries, on a sectionné par le milieu les six cubes du bois le plus altérable, le peuplier, traités par les carbolineums, le goudron, le microsol, l'antinonnine ainsi que le cube témoin ; on a laissé une moitié dans la galerie et exposé l'autre pendant un an (14 novembre 1905-14 novembre 1906) dans le pourrissoir (fumier) du jardin de l'École forestière.

Examinés et pesés en février 1907, les bois de chêne, pin d'Alep (voir pl. VI [n° 12] à comparer avec le n° 29 de la pl. IV), hêtre, peuplier, sapin, immergés soit dans les *carbolineums*, soit dans le *goudron*, sont retirés dans un parfait état de conservation.

Les demi-cubes de peuplier qui ont été exposés en plein air (pourrissoir du jardin) pendant un an sont restés indemnes, sauf le demi-cube goudronné. Celui-ci, intact sur les cinq faces goudronnées, est déjà très fortement altéré sur la face non goudronnée quoiqu'elle ne soit restée qu'un an à l'air. Le goudron n'a fait que revêtir le bois sans l'imprégner.

Le *microsol* mérite les mêmes éloges que les carbolineums ; tous les bois d'épreuve sont restés aussi sains qu'au moment de la mise en place. Ce qui prouve bien que la solution a pénétré jusqu'au cœur⁽¹⁾, c'est que la section médiane du peuplier laissé un an dans le fumier est demeurée intacte, préservée de la pourriture par l'action antiseptique du microsol infiltré, tandis que le demi-cube témoin de peuplier du pourrissoir n'est plus représenté, après cette année de grand air, que par quelques fragments arrivés au dernier degré de décomposition. Les planches III et IV représentent les sections médianes du sapin (n° 6), du pin d'Alep (n° 8) microsolés qui, on le voit, sont absolument intacts et, à côté, les sections médianes visiblement altérées des échantillons témoins.

Antinonnine. — Tous les bois sont en excellent état ; seule-

1. On peut s'en assurer directement en versant quelques gouttes d'ammoniaque sur le centre de la section médiane du cube de peuplier ; on voit apparaître la teinte bleue du sulfate de cuivre.

ment, le demi-cube de peuplier laissé pendant un an au pourrissoir de l'École (voir n° 3 bis, pl. IX) est déjà très altéré sur toutes ses faces, surtout sur la section médiane, tandis que l'autre moitié du cube restée trois ans dans la galerie ne présente aucune trace de décomposition.

Il semble donc qu'à l'inverse du microsol, l'antinonnine ne puisse être employée à l'extérieur,

Mais elle a certainement une action préservatrice sur les bois qui ne sont pas lavés par les pluies ; pour s'en convaincre, il n'y a qu'à comparer le peuplier et le sapin témoins, qui sont fortement décomposés, avec ces mêmes bois traités à l'antinonnine.

Acide fluorhydrique. — Un plateau de chêne traité à l'acide fluorhydrique est resté intact ; un plateau identique témoin a présenté un aubier décomposé par places.

Un autre morceau de chêne en forme de secteur, immergé dans l'acide, est resté indemne pendant ces trois ans ; l'aubier même n'a été nullement atteint. Un secteur identique témoin montre l'aubier et le duramen complètement désorganisés.

D'après ces faits, comme l'antinonnine, l'acide fluorhydrique serait un préservatif pour les bois à l'abri, et n'aurait aucune efficacité à l'air libre.

Témoins. — Le chêne est absolument sain.

Le pin d'Alep (voir la pl. IV) est altéré sur tout son pourtour et même dans son duramen.

La face inférieure du cube de hêtre est seule altérée ; une lame épaisse de mycélium la couvre sur le tiers de sa surface et il est visible que ce mycélium décompose le bois ; l'ongle s'enfonce facilement en ces points, tandis qu'ailleurs le bois a sa dureté normale.

Le peuplier est presque entièrement décomposé ; le cube s'est émietté en cinq ou six fragments ; de nombreux mycètes parcourent la masse ligneuse dont la consistance est devenue celle de l'amadou ; le bois n'a plus aucune résistance.

Le sapin est très fortement altéré sur les arêtes dont deux ont disparu, comme le montre la planche III qui représente la section médiane du cube témoin ; le bois du cœur est aussi en train de se décomposer ; il n'a plus sa teinte ni sa dureté primitives.

Perte en matière organique

Les augmentations de poids des échantillons traités par les carbolineums et le goudron concordent à peu près avec celles de la série C ; l'état de conservation du bois ne laisse rien à désirer.

Série D

ESSENCES	CARBOLINEUM AVENARIUS				CARBOLINEUM marque Lion				GOUDRON			
	N ^o	Avant	Apr ^s	Dif- férence	N ^o	Avant	Apr ^s	Dif- férence	N ^o	Avant	Apr ^s	Dif- férence
		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.		Gr.	Gr.	Gr.
Chêne.	11	1 125	1 290	g. 165	14	1 205	1 310	g. 105	18	1 040	1 130	g. 90
Pin d'Alep.	12	1 055	1 180	g. 125	16	1 015	1 285	g. 270	17	715	755	g. 40
Hêtre.	15	2 300	2 810	g. 510	18	2 145	2 930	g. 785	22	2 130	2 600	g. 470
Peuplier.	10	1 380	1 740	g. 360	20	1 340	1 685	g. 345	24	1 350	1 350	g. 0
Sapin.	13	1 405	1 470	g. 65	21	1 455	1 625	g. 170	25	1 350	1 430	g. 80
		7 265		1 225		7 160		1 675		6 585		680

ESSENCES	MICROSOL				ANTINONNINE				TÉMOINS			
	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence	Numéros	POIDS		Différence
		Avant	Apr ^s			Avant	Apr ^s			Avant	Apr ^s	
Chêne.	9	855	805	g. 40	4	1 175	1 020	p. 155	24	775	700	p. 75
Pin d'Alep.	8	795	780	p. 15	2	1 215	1 225	g. 10	30	1 220	845	p. 375
Hêtre.	3	2 205	2 185	p. 20	2	2 440	2 170	p. 270	27	2 160	1 635	p. 525
Peuplier.	7	1 250	1 320	g. 70	3	1 090	980	p. 110	17	1 455	950	p. 505
Sapin.	6	1 330	1 325	p. 5	5	1 235	1 290	g. 55	16	1 280	900	p. 380

Les résultats de la série D sont très analogues à ceux de la série C⁽¹⁾.

Les bois traités par les *carbolineums*, le *goudron*, le *microsol* se sont fort bien maintenus, ainsi que ceux qui ont été plongés dans la solution d'*antinonnine*.

L'*antinonnine* n'a cependant pas la même valeur antiseptique que le *microsol*, comme le prouve la constatation suivante. Les trois cubes de hêtre (témoin, avec *antinonnine*, avec *microsol*) de la série C ont été pesés dans des conditions identiques. Le cube témoin, qui paraît sain à l'extérieur, avec surface lisse,

1. Les échantillons les plus démonstratifs des quatre séries A, B, C, D ont été soumis à l'examen des membres de la Société des sciences pendant les deux séances où il a été rendu compte des recherches qui font l'objet de ce travail.

sans fissure, est très léger, sonne le creux et montre à l'intérieur un bois complètement échauffé, parsemé de fentes où se voient de nombreuses plaques d'un mycélium blanc. Son bois, *devenu absolument inutilisable*, n'a plus que la densité 0,396, presque moitié de la densité primitive. Le cube traité à l'antinonnine et d'apparence saine a une densité de 0,538; enfin, le cube traité au microsol, parfaitement sain, avec sa coloration normale, accuse une densité de 0,707; c'est la densité normale du hêtre.

Le microsol a donc empêché toute évolution de champignon dans ce milieu pourtant si favorable; l'influence germicide de l'antinonnine a été moins énergique; la perte de poids le prouve.

L'*acide fluorhydrique* a eu, comme l'antinonnine, une certaine efficacité.

Ces deux derniers antiseptiques, de nulle valeur en plein air, se comportent mieux vis-à-vis des bois abrités contre les intempéries, tandis que le *lysol* n'a aucun effet antiseptique sur les bois, dans quelques conditions qu'ils soient placés.

Les demi-cubes de peuplier carbolinés ou microsolés qui sont restés un an dans le pourrissoir du jardin de l'École, après avoir séjourné deux ans dans la galerie, en ont été retirés intacts; mais ceux qui avaient été immergés dans l'antinonnine ou le goudron étaient déjà très fortement altérés.

Antigermine. — 250 grammes de cette mixture d'un beau vert-pré ont été délayés dans 300 grammes d'eau et on a agité le mélange dans 12 litres d'eau chaude.

Neuf échantillons y ont été plongés pendant un jour (trois cubes de chêne, trois cubes de hêtre, trois cubes de sapin) puis placés dans la galerie 4 bis où ils sont restés trois ans côte à côte avec sept échantillons témoins provenant des mêmes billes.

Les seize fragments mis en expérience ont été examinés le 26 mars 1907.

Les bois de *chêne*, traités ou non, sont indemnes, sauf le n° 6, échantillon témoin. Celui-ci était le seul qui renfermât de l'aubier, lequel est assez fortement altéré.

Les trois cubes de *hêtre* immergés dans l'antigermine sont tous très altérés; l'un, qui pesait sec 617 grammes, ne pèse plus, après une dessiccation insuffisante de deux jours dans une chambre chauffée, que 400 grammes, et dans les fentes circulent des arborisations de mycéliums.

Les cubes témoins n'ont perdu guère plus de poids que les échantillons traités.

Sur le bois de *sapin*, l'antigermine a exercé une plus heureuse influence que sur le hêtre. Les trois cubes de sapin traités ont gardé à peu près leur poids primitif, tandis que les deux cubes témoins sont très altérés. Ils ont perdu presque la moitié de leur substance⁽¹⁾.

D'après cette expérience, unique il est vrai, l'antigerminé, employée à la dose de 2 ‰, la plus concentrée de celles qui sont indiquées dans les instructions de la société, a donné de mauvais résultats sur le hêtre, quoique cet antiseptique, qui s'est placé au premier rang dans les expériences de M. WESENBERG (rapportées plus haut), ait été injecté, non par simple badigeonnage, mais par une immersion prolongée pendant vingt-quatre heures. Cet ingrédient est peut-être excellent contre les levures et les bactéries; mais il n'a pas empêché les filaments mycéliens de se développer vigoureusement dans le bois de hêtre.

Résumé de la seconde partie

1° Les augmentations de poids des cinq espèces de bois immergés dans les deux carbolineums et pesés après trois ans d'exposition à la pluie ou de séjour à sec dans les galeries sont à peu près les mêmes. Ceci prouve que ces mixtures sont très difficilement solubles, ce qui est une grande qualité;

2° Parmi les échantillons témoins, le sapin⁽²⁾ est le plus altéré après le peuplier, tandis qu'en plein air c'est lui qui s'est le mieux conservé. Dans l'atmosphère des galeries, le peuplier ne s'est pas mieux gardé qu'à l'extérieur; le cœur de chêne est indemne; ces deux essences se sont donc comportées comme dans les expériences faites à Commentry (mines de houille) [3] où le chêne occupe le premier rang pour la durée et le peuplier le der-

1. Trois échantillons témoins (hêtre et sapin) placés sur une planche champignonnée étaient tellement enveloppés et pénétrés par le mycélium qu'en les soulevant on enlevait en même temps la planche sur laquelle ils reposaient. Il a fallu un réel effort pour les détacher.

2. A la mine de Ludres, le sapin vert, qui a toute sa résine, dure quarante mois; le sapin sec, comme celui de nos essais, ne dure pas un an.

3. Citées par M. MATHÉY, *loc. cit.*, p. 78.

nier. C'est le hêtre qui est l'avant-dernier à Commentry où le sapin n'a pas été essayé. Dans nos essais, il s'est montré aussi fort altéré ;

3° Les cubes des cinq espèces de bois plongés pendant vingt-quatre heures :

soit dans le *Carbolineum Avenarius* ;

soit dans le carbolineum, marque du Lion ;

soit dans le goudron de l'usine à gaz ;

soit dans le microsol,

ont été retirés intacts après cette période de trois ans.

Ces quatre antiseptiques ont été également efficaces dans les deux milieux si différents où les bois étaient placés. Mais il est bien certain (d'après ce qui a été dit plus haut, relativement à l'échantillon de pin d'Alep et au demi-cube de peuplier goudronné mis un an au pourrissoir) que le goudron est le moins sûr des quatre. Qu'il se produise une solution de continuité dans le revêtement de goudron, le bois sous-jacent est livré sans défense aux agents de destruction. La lutte pour la première place se circonscrit donc entre les carbolineums et le microsol ;

4° Pour l'antinonnine et l'acide fluorhydrique, leur pouvoir antiseptique est très différent suivant qu'il s'agit de bois soumis à l'atmosphère humide et chaude des galeries de mines ou de bois exposés aux intempéries. Dans ce dernier cas, leur effet est nul ; ils ont eu au contraire une action favorable sur la conservation des bois à l'abri, l'antinonnine surtout, bien qu'elle ne puisse lutter cependant avec les carbolineums ou le microsol. Le sapin traité à l'antinonnine est aussi net qu'au début de l'expérience ; ceci est d'autant plus significatif que le sapin témoin est très altéré.

L'acide fluorhydrique a empêché aussi l'aubier des plateaux de chêne de se décomposer. Plusieurs plateaux de chêne avec tout l'aubier ont été mis en expérience, les uns tels quels, les autres après immersion de vingt-quatre heures dans l'acide. Au bout de trois ans, l'aubier de ces derniers est resté en bon état, celui des chênes témoins est entièrement décomposé ;

5° Enfin le *lysol* s'est montré aussi détestable à l'intérieur qu'à l'extérieur ; c'est un produit à rejeter pour les bois, quel que soit le milieu auquel on les destine.

Résultat technique à Ludres

A la mine de Ludres les bois de peuplier, sapin, hêtre, au bout de trois ans (même bien avant ce délai), doivent être remplacés (¹). S'ils étaient passés au carbolineum ou au microsols dans les conditions des essais précédents, ils seraient, après trois ans, aussi solides, aussi résistants qu'au jour de leur mise en place. L'aubier de chêne pourrait être employé au même titre que le cœur.

Au point de vue pécuniaire il reste à déterminer si les frais d'imprégnation ne sont pas largement compensés par la durée considérablement prolongée des étais de mine et surtout par l'économie de main-d'œuvre. Avec les bois bruts, tels qu'on les emploie, il faut, dans les galeries maîtresses où le boisement doit être très solide et doit être maintenu pendant de longues années, une surveillance et des réfections constantes qui gênent la circulation et finissent par coûter fort cher. On réduirait au minimum ces frais et ces ennuis en employant des bois imprégnés comme les nôtres. L'installation serait très peu coûteuse; il suffirait d'acheter l'antiseptique et un récipient, une cuve en bois.

Carbolineums ou microsols ?

Auquel des deux groupes d'antiseptiques (*carbolineums* ou *microsols*)[²], sortis victorieux du concours établi dans les conditions déterminées ci-dessus, doit-on donner la préférence ? On ne peut répondre ici par *oui* ou par *non*.

Plusieurs considérations sont à envisager; d'abord celle du prix de revient. L'immersion dans les carbolineums (ou le badigeonnage) coûte-t-elle plus que l'immersion dans les solutions de microsols, soit à 1,5 %, soit à 2 %, soit à 4 % ? C'est à chacun à

1. A la mine de Ludres on n'emploie ni peuplier, ni hêtre, bois beaucoup trop altérables; mais on utilise les résineux en forte proportion. D'après les dires de M. Romestan, le chef mineur, le sapin (et par ce terme on entend tous les résineux) dure trente-six à quarante mois, s'il est employé frais, et moins d'un an s'il est sec. Nous avons vu aussi que le sapin sec placé dans les galeries était bien plus altéré au bout de trois ans que celui qui était resté exposé aux intempéries.

2. Répétons encore une fois que nous sommes bien loin de prétendre qu'il n'existe pas d'autres antiseptiques dignes de confiance; il en est sans doute d'aussi bons, peut-être même de meilleurs: on conçoit qu'il ne puisse être question ici que de ceux qui ont été essayés.

faire ce calcul. Si la solution de microsol à 2 % possède des qualités antiseptiques suffisantes on pourra l'employer en réduisant ainsi de moitié les frais d'achat.

On doit tenir compte aussi de la commodité dans l'emploi. Les personnes qui se servent des carbolineums leur reconnaissent divers inconvénients qui n'ont pas grande importance quand il s'agit de bois en plein air (clôtures, hangars, etc.), mais qui font obstacle à leur utilisation à l'intérieur des habitations.

1° Les bois enduits de carbolineum gardent longtemps une odeur persistante que certains trouvent désagréable et qui, peut-être, se communique aux denrées (fruits et autres produits alimentaires) placées dans les caves et les greniers.

2° Les ouvriers salissent beaucoup leurs mains et leurs vêtements et doivent prendre des précautions pour protéger leurs yeux, la peau de leur visage⁽¹⁾ contre les irritations, les inflammations provoquées par les émanations du carbolineum, surtout si on l'emploie à chaud et dans des espaces fermés.

3° Enfin on ne peut appliquer de peinture sur les bois badigeonnés au carbolineum; ce produit, même après un long temps de séchage⁽²⁾, diffuse à travers la peinture et le plâtre; les teintes primitives sont altérées; on voit de longues flammes brunes qui gâtent tout à fait l'aspect cherché.

Mais pour garantir les plinthes et les boiseries contre les attaques des champignons (*Merulius lacrymans*, *Polyporus vaporarius*) il faut seulement badigeonner la face postérieure des plinthes et des boiseries, celle qui est en contact avec le mur, et si l'on prend la précaution de peindre d'abord la face vue et de ne passer au carbolineum la face cachée de la boiserie qu'après que la peinture est sèche, le carbolineum ne diffusera pas à travers la peinture⁽³⁾.

4° On veut quelquefois conserver au bois sa teinte naturelle, ce

1. Mais on peut tremper impunément les mains dans le carbolineum fût-il à une température telle que la main puisse à peine la supporter. Ce produit peut être chauffé au bain-marie jusqu'à la température d'ébullition de l'eau sans qu'on ait à craindre qu'il ne s'enflamme.

2. Une latte badigeonnée au carbolineum depuis vingt ans reçoit une couche de peinture; la teinte brune ressort une fois que la peinture est sèche.

3. Plusieurs essais ont été faits sur des planches de peuplier ou de sapin, de 8 à 27 millimètres d'épaisseur. Après que la peinture de la face vue fut complètement sèche, on badigeonna au carbolineum, même plusieurs fois, la face en contact avec le mur; jamais la teinte brune du carbolineum ne vint altérer la peinture.

qui ne se peut avec le carbolinéum, tandis que le microsol (S à teinte vert clair) laisse au bois sa couleur primitive.

Aucun des inconvénients précédents ne se présente avec le microsol essayé en 1903⁽¹⁾. Ce produit n'a pas d'odeur, n'émet pas de vapeurs irritantes; le bois microsolé peut être peint sans qu'on ait à craindre la diffusion de la substance à travers la peinture.

Le microsol semble donc présenter, pour l'emploi dans l'intérieur des habitations, de sérieux avantages sur les carbolinéums qui doivent être réservés pour les bois en plein air.

Essais d'infection

Dans les galeries de Ludres les bois antiseptisés se sont trouvés placés dans les conditions habituelles des bois utilisés dans ce milieu spécial et, à ce titre, les résultats obtenus ont une réelle valeur pratique. Mais bien que ce milieu soit éminemment favorable au développement des champignons, on n'était pas certain que chaque cube d'essai serait exposé en même temps aux attaques des mêmes champignons agissant avec la même vigueur; on était même sûr du contraire. Pour pouvoir se faire une opinion bien fondée sur la valeur comparative des divers antiseptiques il n'est rien de mieux que des essais d'infection où chaque antiseptique se trouvera placé, vis-à-vis des principaux champignons destructeurs du bois, dans les mêmes conditions que ses concurrents.

En mai 1906 on a installé dans le sous-sol du laboratoire de l'École forestière, et dans des conditions qui semblaient excellentes, un essai d'infection par le champignon le plus redoutable, le *Merulius lacrymans*.

Huit fragments, préalablement pesés, de bois de sapin provenant des cubes d'essai qui avaient séjourné pendant deux ans et demi dans le jardin de l'École, furent enfermés dans un fragment de poteau télégraphique en sapin, scié en deux moitiés suivant une section longitudinale médiane. Ce poteau télégraphique était envahi à fond par le mérule dont le mycélium formait des revête-

1. La société *Le Vitralin* (Freitag et C^{ie}) fournit maintenant (1907) des microsols (par exemple : M) qui colorent fortement le bois en rouge brun.

ments d'ouate blanche où perlaient de-ci de-là les gouttelettes caractéristiques.

Au bout de neuf mois, en février 1907, on examina les fragments. Ceux qui avaient été traités au lysol et à l'acide fluorhydrique sont nettement attaqués; ils sont recouverts de plaques mycéliennes adhérentes, sûrement parasites. Sur l'échantillon témoin se trouve une tache de mycélium sous laquelle le tissu est désorganisé; l'ongle y enfonce aisément; la couleur et la friabilité sont aussi de sûrs indices. Le fragment à l'antinonnine est altéré aussi; le bois n'a plus, par endroits, sa dureté normale. Les morceaux imprégnés de carbolineum, de goudron et de microsol sont bien recouverts comme les autres de lames mycéliennes; mais elles ne s'enfoncent pas dans les tissus; on les enlève facilement au doigt et le tissu a gardé partout sa dureté primitive. Le mycélium s'y est répandu comme il se répand sur la terre, sur la pierre, sur le fer, mais il ne s'y alimente pas.

Ces résultats, quoique très incomplets parce que l'expérience n'a pas duré assez longtemps⁽¹⁾, confirment néanmoins les précédents.

Les fragments ont été remis en place pour être examinés dans un an; peut-être alors l'examen microscopique et la perte de substance accusée par la balance donneront-ils des indications plus précises.

1. L'invasion du mycélium était sans doute assez récente ou ne s'est pas prononcée avec vigueur; car les poids retrouvés au bout des neuf mois ont été exactement ceux du début, sauf pour le fragment à l'antinonnine, qui avait perdu 1 gramme. On sait qu'on est loin de réussir toujours dans les essais d'infection; tantôt on n'obtiendra qu'un résultat nul ou médiocre en se plaçant dans les conditions que la science indique comme étant les plus favorables; tantôt on aura de très beaux développements mycéliens sans les avoir cherchés. M. DE TUBEUF a fait construire dans une tourbière une cabane dans laquelle il entasse les bois champignonnés pour en faire un milieu de culture dont on se sert pour éprouver les antiseptiques. Les compagnies de chemins de fer se servent, pour essayer la résistance de leurs traverses, de pourrissoirs. Celui de Surdon (Orne) est disposé de la manière suivante: « On a creusé dans le sol une fosse de 4^m,50 de longueur sur 3 mètres de largeur et 0^m,50 de profondeur que l'on a remplie de fumier de cheval sur 0^m,30 d'épaisseur. Les bois et traverses à expérimenter sont enfouis dans le fumier, recouvert lui-même d'environ 0^m,25 de terre végétale dans laquelle on fait pousser des plantes arrosées fréquemment afin d'entretenir un état constant d'humidité. Le milieu réalisé par le pourrissoir joue certainement un rôle important, car des témoins en hêtre non préparé, placés dans un grenier très sec en même temps que les morceaux de traverses soumis à l'action du pourrissoir, sont encore en parfait état de conservation; dans ce même grenier des morceaux de hêtre échauffé se sont maintenus sans altération plus accentuée. » (M. MERKLEN, *loc. cit.*)

Dégâts des insectes dans les bois en œuvre

La matière ligneuse, vivante ou morte, sert de pâture non seulement à des végétaux parasites, tels que les champignons, mais encore à certains animaux qui, presque tous, sont des insectes ou des mollusques. Animaux et végétaux parasites sont bien plus abondants sur la matière ligneuse vivante, sur les arbres, dont l'aubier est riche en éléments nutritifs, que sur les bois en œuvre auxquels on retranche d'ordinaire ces couches ligneuses extérieures (aubier ou bois blanc) où s'accumulent les matières plastiques si recherchées par les insectes et les champignons et qui, sous leurs attaques, tombent très vite en pourriture ou en vermoulure. Ils sont plus abondants, plus variés sur les arbres vivants; ce sont en outre, le plus souvent, d'autres espèces. Les champignons, les insectes qui attaquent un chêne ou un sapin ne sont pas ceux que l'on rencontre sur la poutre de chêne ou de sapin de nos habitations.

Dans ce dernier chapitre on va passer en revue les principaux insectes qui se nourrissent aux dépens de nos bois d'œuvre, réduisant en *vermoulure* la matière ligneuse; pour chacun on donnera des notions sommaires sur les *caractères* qui permettent de les reconnaître, sur la *biologie*, sur les *dégâts* qu'ils commettent et sur les *moyens* à employer soit pour les *prévenir*, soit pour les *arrêter*.

Il ne sera pas question des mollusques, dont le plus nuisible est certainement le terrible taret naval (*Teredo navalis*)[1], parce que ces mollusques perforants ne s'attaquent qu'aux bois plongés dans l'eau de mer, lesquels ne sont point en cause ici. Du reste les antiseptiques essayés ci-dessus seraient de nul effet contre le taret. « Des pieux en sapin créosotés à raison de 323 kilogr. par mètre cube furent battus en février et mars 1902 par 7^m,95 d'eau environ. En juillet 1905 on constata que sur un total de 198 pieux,

1. Le taret naval, qui appartient au groupe des Lamellibranches siphoniens, perce à l'aide des bords très aigus de sa petite coquille les bois les plus durs (carènes des navires, bois des digues, pieux des jetées) et y creuse de longues galeries qu'il revêt d'un enduit calcaire. Ces galeries se multiplient souvent si vite qu'en peu d'années le bois est hors d'usage. On sait que ce mollusque a été la cause de la fameuse inondation de la Hollande au début du dix-huitième siècle et de la destruction rapide de plusieurs vaisseaux.

5 étaient rongés par le taret au point qu'il fallut les renouveler⁽¹⁾. » Le seul moyen de préserver les approvisionnements de bois de marine des attaques du taret et de l'insecte nommé *Lymexylon navale* est de les immerger dans l'eau saumâtre, milieu dans lequel ces animaux ne peuvent vivre. C'est surtout pour se prémunir contre le taret qu'on recouvre de feuilles de cuivre la carène des navires marchands.

Les insectes nuisibles aux bois en œuvre sont peu nombreux. On peut citer, par ordre d'importance, le *capricorne domestique*, les *termites*, les *vrillettes* et, dans une très faible mesure, les *sirex*.

Capricorne domestique (*Hylotrupes bajulus* L.)

Caractères. — Au premier rang des insectes nuisibles au bois en œuvre (charpentes, meubles) on doit placer un longicorne, vulgairement appelé *capricorne domestique*⁽²⁾, mais dont le nom scientifique est *Hylotrupes bajulus* L.

Ce nom générique d'*Hylotrupes*, dérivé du grec, signifie *qui perce le bois* et fait pressentir sa nocuité⁽³⁾.

C'est un Coléoptère tétramère⁽⁴⁾, de la grande famille des Longicornes ou Cerambycides, dont la taille est très variable, oscillant entre 8 et 20 millimètres.

Il a (pl. X, fig. 1) le corselet ou prothorax arrondi, plat, à bord lisse, densément ponctué, revêtu d'un duvet épais, cotonneux et blanchâtre, avec, sur le milieu, une ligne longitudinale lisse et luisante et, de chaque côté de celle-ci un tubercule ou empâtement luisant, presque en demi-lune, d'un noir brillant; les élytres brunes munies de poils cotonneux grisonnants et, très souvent, vers le tiers de leur longueur, de deux mouchetures velues blanchâtres. Les antennes grêles, pubescentes, atteignent à peine la moitié du corps. La femelle est munie d'une tarière; les mâles sont notablement plus petits et plus étroits que les femelles.

La figure 1^a représente la forme caractéristique des palpes

1. H. R. STANFORD, *American Society of civil Engineers*. Vol. XXXI, n° 9.

2. C'est le *Hausbock* des Allemands.

3. Le nom spécifique *bajulus* veut dire en latin *porteur, portefaix*.

4. C'est-à-dire ayant quatre articles à tous les tarses.

labiaux dont le dernier article est de moitié plus long que le précédent, élargi et tronqué à l'extrémité; premier article un peu plus court que le deuxième. C'est un des insectes les plus communs dans toute l'Europe; il existe aussi dans l'Amérique septentrionale.

Mœurs. — L'insecte parfait apparaît en mai et copule en juin. La ponte a lieu en juillet sous l'écorce des résineux morts, si l'insecte vit en forêt; dans les anciennes galeries des larves, s'il vit dans les poutres des maisons. Dans la seconde moitié de juillet les larves qui viennent d'éclore pénètrent profondément dans le bois creusant des galeries irrégulières et ont déjà atteint au mois d'août la moitié de leur dimension. Elles sont blanches, presque cylindriques, faiblement jaunâtres à l'époque de la nymphose qui a lieu, croit-on, après le deuxième hivernage. Adultes, elles ont 20 à 22 millimètres de longueur avec la tête d'un jaunâtre uniforme; elles se font une cellule au milieu de la vermoulure, et c'est là qu'elles se métamorphosent en une nymphe ou pupe, d'un blanc jaunâtre.

Dégâts. — Les larves vivent dans des galeries à section elliptique très aplatie et remplies de bourrelets de vermoulure comme toutes les galeries de longicornes.

Quand elles sont installées dans une poutre de sapin, d'épicéa, de pin, elles y passent toute leur existence; les insectes parfaits eux-mêmes ne sortent le plus souvent pas pour copuler; ils se fécondent dans le bois même comme le font les vrillettes. La femelle pond ses œufs dans le bois et les générations se succèdent ainsi, rongean de plus en plus l'intérieur de la poutre, mais respectant scrupuleusement la surface qui, restant intacte, donne une sécurité trompeuse.

La poutre est entièrement vermoulue et la toiture, par exemple, s'effondre sans qu'on se soit aperçu de rien.

Tous les bois résineux sont sujets aux attaques du capricorne domestique; on les a surtout constatées dans le sapin, l'épicéa et les pins parce que ce sont les essences les plus employées dans les constructions; mais il est probable qu'ils peuvent vivre dans d'autres résineux. On ne signale pas sa présence dans les bois feuillus.

A Nancy récemment, plusieurs maisons ont eu à souffrir de

dégâts importants⁽¹⁾ et je reçois de temps en temps des plaintes et des demandes de conseils de divers points de France.

Cet insecte se trouve aussi en forêt où il s'installe, comme la plupart des longicornes, dans l'aubier des arbres tout à fait dépérissants ou morts et des bois abattus. Il y mène la même vie que la légion d'insectes longicornes lignivores. Ce qui le distingue de ses congénères, ce qui en fait un ennemi très dangereux, c'est *l'aptitude qu'il possède, seul ou à peu près, d'installer ses générations successives dans la même poutre jusqu'à son entière destruction, sans se montrer au dehors.*

Quand il trouve à se loger en forêt dans des maisons construites en bois, cas fréquent en Russie, il y pullule au point de les rendre inhabitables, les poutres étant réduites en une masse spongieuse⁽²⁾.

« *L'Hylotrupes bajulus*, dit PERRIS⁽³⁾, est un des insectes dont nous devons le plus redouter les ravages parce qu'il se présente comme un véritable ennemi domestique. Il pond, en effet, ses œufs dans les bois mis en œuvre, les meubles, les planchers, les charpentes et compromet ainsi la solidité des constructions. Sa larve ne s'arrête que devant le cœur du bois⁽⁴⁾; tout ce qui est aubier est creusé par elle de galeries à section elliptique, dirigées dans le sens des fibres. Lorsqu'elle a vécu en société, ces galeries sont tellement rapprochées qu'il reste à peine entre elles de très minces cloisons. Dans cet état, les pièces de bois extraites d'arbres jeunes et les planches composées presque entièrement d'aubier fléchissent, se rompent ou s'écrasent sous un faible poids et les pièces plus fortes, considérablement ré-

1. En ce moment (mars 1907) on démolit à Nancy les écuries de l'ancien Opéra, sur la place Boffrand. Les poutres, chevrons, solives, planchers (qui sont en bois de sapin) sont perforés de toutes parts, mais surtout dans les couches externes par les galeries du capricorne et des vrillettes. La démolition s'imposait à bref délai au point de vue de la sécurité.

2. Voir *Zeitschrift für Forst- und Jagdwissen*, 1893, p. 102. Dans le gouvernement d'Orel, le canton de Brassowo, qui renferme environ 7 000 hectares de forêts essentiellement formées de pin sylvestre (70 %), possède soixante maisons forestières ou installations industrielles construites en grumes de pins empilés, comme dans les izbas. Les trois quarts des maisons sont fortement endommagées; en dix ou quinze ans elles deviennent inhabitables. Quand la température est suffisamment élevée, on entend, disent les habitants, les insectes manger tout l'hiver.

3. *Histoire des insectes du pin maritime*, Paris, 1863, p. 370.

4. Comme dans les sapins, les épicéas si employés dans les constructions, il n'y a pas de différence nette entre l'aubier et le cœur, les larves, nous l'avons constaté plusieurs fois, rongent toute la poutre, et la figure 1^{re} de la planche X montre qu'elles ne reculent pas non plus devant le cœur du pin.

duites et n'ayant d'autre résistance que celle des couches centrales épargnées par les larves, deviennent incapables de supporter les fardeaux dont on les a chargées et menacent des plus grands dangers.

« Ce qui rend encore plus perfides les ravages de ces larves malfaisantes, c'est qu'un seul trou de sortie est commun à une foule d'insectes parfaits, ainsi que je m'en suis assuré; de sorte qu'une pièce de bois dont la surface est percée à peine de quelques trous et n'inspire pas, dès lors, de grandes inquiétudes, peut être et même est ordinairement tout à fait vermoulue. »

Moyens préventifs et destructifs. — Il existe un moyen bien simple, absolument efficace, de se mettre à l'abri de ces hôtes dangereux. On n'a qu'à badigeonner une fois, et mieux deux fois, tout le poutrage avec un insecticide éprouvé, tel que le carbolineum appliqué à chaud pour plus de sûreté. On peut être certain que le capricorne n'y viendra pas creuser ses galeries.

Qu'on veuille bien examiner la planche X. Les figures 1^b et 1^c représentent les deux extrémités d'un chevron en bois de pin (16/20 d'équarrissage) faisant partie de la toiture d'un hangar construit depuis quinze ans. L'extrémité extérieure, badigeonnée au *Carbolineum Avenarius*, ne porte pas trace de galeries du longicorne lesquelles se voient à l'autre bout du tronçon en B. Elles s'arrêtent juste à la limite d'application de l'enduit, limite très visible sur la figure. Le capricorne a travaillé bien plus activement encore à l'autre extrémité du chevron, près de la panne fatièrre; la figure 1^c montre ce qui reste de cette partie qui avait primitivement le même équarrissage que l'extrémité 1^b.

Cet exemple est tout à fait probant.

Si l'on n'a pas pris cette précaution peu coûteuse et qu'on s'aperçoive de l'invasion du longicorne à temps avant qu'il ait diminué d'une façon dangereuse la résistance de la charpente, il est facile d'enrayer ses progrès. Avec un racloir quelconque, on débarrasse la poutre ou le chevron de la mince lamé superficielle de bois intact que l'insecte a toujours la précaution de conserver pour travailler à son abri, on fait tomber, en raclant énergiquement, toute la vermoulure tassée dans les galeries et tous les fragments de bois dilacéré jusqu'à ce qu'on arrive au bois à peu près intact. On passe alors deux couches de peinture au carbolineum appliquées à chaud et l'on peut être assuré que toutes les larves

seront détruites et que d'autres ne viendront point plus tard s'installer dans le bois ainsi préparé.

Comme les ravages de cet insecte augmentent certainement de fréquence, il est de plus en plus utile de s'assurer contre eux.

Termite lucifuge (*Termes lucifugus* L.)

Après le capricorne domestique, on peut mettre au second rang, pour les dégâts causés aux bois en œuvre, aux bois des habitations, le *Termite lucifuge*, dont les ravages se limitent heureusement au Sud-Ouest de la France. Cet insecte n'appartient plus à l'ordre des Coléoptères ; il fait partie de celui des Névroptères où l'on distingue les *pseudo névroptères* à métamorphoses incomplètes (termites, libellules, éphémères), et les *Névroptères vrais* à métamorphoses complètes, les insectes passant par les quatre états bien distincts d'œuf, de larve, de nymphe immobile et d'insecte parfait.

Chez les pseudo névroptères dont les termites font partie, il sort de l'œuf un être qui ressemble beaucoup à l'insecte adulte ; il ne lui manque que les ailes et les organes de reproduction : ce n'est pas le cas pour les Névroptères vrais (phrygane, fourmi-lion) où la larve diffère complètement de l'adulte.

Les termites, dont il y a de nombreuses espèces, sont essentiellement des insectes des régions chaudes de l'ancien et du nouveau monde, où ils causent de grands dégâts (¹). Deux espèces seulement habitent l'Europe ; la plus importante est le *Termite lucifuge*, indigène dans le sud de la France, mais répandu surtout dans le sud-ouest, où ses ravages de plus en plus fréquents s'étendent dans toute la région marquée par les villes de Bordeaux, La Rochelle, Rochefort, Saintes ; il vient de s'avancer (en 1905) jusque près de Nérac où il a déterminé l'effondrement d'une maison.

C'est seulement en 1797 qu'on découvrit pour la première fois des termites à Rochefort dans un immeuble qui était resté longtemps inhabité et d'où ils se répandirent dans les maisons voisines. En 1829, LATREILLE parle des grands ravages exercés par cet insecte dans les ateliers et magasins de la marine à Rochefort,

1. *Termes utriusque Indiæ calamitas summa*, disait déjà Linné.

Dans cette dernière ville ainsi qu'à Saintes, à La Rochelle, on a vu, dit M. PEREZ, des planchers, des toitures s'effondrer subitement, des maisons en partie détruites qu'il a fallu reconstruire ou abandonner.

Dans une étude qui est en cours de publication ⁽¹⁾, M. Ch. PEREZ, professeur de zoologie à la faculté de Bordeaux, mentionne en cette ville des dégâts tout comparables à ceux des Charentes ⁽²⁾.

Nous avons reçu en 1901 d'un architecte de Bordeaux un fragment d'une plinthe en bois de pin dont la face postérieure, contiguë au mur, était très curieusement rongée par les termites. On voit (pl. X, fig. 4) que les *fourmis blanches*, nom vulgaire sous lequel on désigne les termites, ont attaqué profondément les zones plus tendres et plus nutritives de bois de printemps, respectant scrupuleusement (provisoirement du moins) les zones plus dures de bois d'automne qui se profilent en longues et étroites saillies.

Laissant de côté tout ce qui concerne les mœurs si curieuses des termites ⁽³⁾, nous nous occuperons du point important pour les propriétaires, c'est-à-dire de la façon dont il faut s'y prendre pour prévenir ou arrêter les dégâts des fourmis blanches.

Doit-on adopter la thèse soutenue par certains auteurs et par des journaux plus ou moins bien renseignés ou intéressés dans la question ⁽⁴⁾, thèse d'après laquelle il n'y aurait, en cas d'invasion

1. « Les Termites dans le sud-ouest de la France », dans le *Bulletin de la Société d'études et de vulgarisation de la zoologie agricole*. Bordeaux, Institut de zoologie, 1907.

2. « La Préfecture, la Bourse, le Muséum d'histoire naturelle ont subi leurs atteintes ; nombre de maisons particulières sont envahies : rue Mazarin, rue Saint-Charles, rue Jules-Steeg, etc. »

3. Ces mœurs ont été étudiées par nombre de naturalistes (DE QUATREFAGES, BATES, BOBE-MOREAU, etc.), et l'on trouvera dans la plupart des traités d'entomologie, par exemple dans les *Merveilles de la nature*, par BREHM (*Les Insectes*, par J. KÜNKEL d'HERCULAIN), de bons résumés de l'état de nos connaissances sur ce point. Si l'on veut se renseigner sur les mœurs de notre termite indigène, il faut lire l'intéressante brochure que lui a consacrée M. J. PEREZ, professeur de zoologie à la faculté de Bordeaux, sous le titre : « Le Termite lucifuge » (*Revue des sciences naturelles appliquées*, décembre 1895, ou *Bulletin de la Société nationale d'acclimatation*, février 1896).

4. Tels que le journal métallurgique *l'Usine*, où on lit : « Il y a peu, sinon rien, à faire contre le termite ; la raison en est que, si l'animal adulte est tué par le pétrole, l'acide sulfureux ou le sulfure de carbone, la larve et l'œuf n'en sont nullement incommodés. » Ceci est une erreur puisque, comme on vient de le dire, la larve ressemble beaucoup à l'insecte parfait et même est moins résistante que lui. « Aujourd'hui, continue le journal, des Charentes aux Pyrénées et de l'océan Atlantique aux confins du Gers, le termite est très commun et l'on y appréhende beaucoup que ces insectes, venant à pulluler à la suite d'une année plus favorable à leur multiplication, ne constituent

d'une maison par les termites, *qu'à remplacer par du fer les charpentes contaminées?*

Non, cent fois non.

Pour prévenir toute invasion de termites dans une construction neuve, il suffit tout simplement de se servir, pour les parties des charpentes qui sont susceptibles d'être attaquées, de bois imprégnés de créosote ou même badigeonnés convenablement, c'est-à-dire deux fois et à chaud, avec le *Carbolineum Avenarius* et l'on peut être sûr que les termites n'y toucheront pas. La preuve est faite (*).

Dans les vieilles constructions, si l'on s'aperçoit de la présence des termites, il faut chercher à les détruire par des émanations de gaz toxiques au sein des termitières. Ceux qui ont donné les meilleurs résultats sont le chlore, très vanté par A. DE QUATRE-FAGES, l'acide sulfureux, le sulfure de carbone.

Si l'on ne peut arriver ainsi à une destruction complète, on est obligé de recourir, pour empêcher la destruction complète des bois partiellement rongés, mais pouvant encore servir, aux enduits de carbolineum appliqués à la température de 60°. Cette substance est un très énergique insecticide dont le contact ou les émanations tueront ou éloigneront les insectes.

Ce moyen préventif, absolument efficace, est si facile à employer qu'on s'étonne que les architectes ne le prescrivent pas pour toutes les maisons neuves édifiées dans les régions exposées aux ravages des termites.

Vrillettes (*Anobium*, *Lyctus*, *Ptilinus*, etc.)

On englobe sous le nom vulgaire de *Vrillettes* non seulement les vrillettes proprement dites qui constituent la famille des Anobiides (genres principaux : *Anobium*, *Ernobius*, *Ptilinus*), mais encore quelques autres espèces appartenant à des familles voi-

par la suite un fléau sans précédent pour cette région de la France où 95 % des planchers des maisons sont construits en poutres de bois. » Ceci est exact ; le danger existe, mais les architectes, les entrepreneurs, les propriétaires n'ont qu'à prendre les précautions indiquées.

1. Les traverses du chemin de fer de Dakar à Saint-Louis étaient rongées par les termites presque aussitôt après leur mise en place ; ces insectes n'y touchent plus depuis qu'on se sert de traverses créosotées. Les bois convenablement enduits de *Carbolineum Avenarius* sont également épargnés, s'il faut en croire des attestations venant du Gabon.

sines, par exemple celle des Lyctides avec le *Lyctus canaliculatus* et celle des Apatides avec l'*Apate capucina*, et ressemblant aux vrillettes par leurs caractères morphologiques et leurs mœurs.

Tous ces insectes sont des Coléoptères pentamères de petite taille (2 à 6 millimètres) dont les antennes sont dentées en scie (pl. X, fig. 2) ou même pectinées (pl. X, fig. 3); les cinq articles des tarses sont entiers et peuvent se replier sous le corps comme les antennes; dans cette attitude qu'ils prennent dès qu'un danger les menace, ils ont l'habitude de faire le mort, défiant alors toutes les excitations sans donner signe de vie, ce qui leur a valu le surnom de « boudeur » (BREHM). Une autre habitude des vrillettes est de faire entendre à certains moments des coups secs à intervalles réguliers rappelant le tic-tac d'une montre. L'insecte, rongéant le bois dans sa galerie, produit ce bruit en projetant son corps en avant et frappant le bois avec le front et la partie antérieure du corselet. Ces coups frappés par les mâles et les femelles sont des signaux d'appel destinés à favoriser le rapprochement des sexes⁽¹⁾. La femelle, une fois fécondée, pond dans sa galerie, comme l'*Hylotrupes bajulus*. De ces œufs sortent des larves, courbées et ridées, munies de six pattes courtes et de mandibules courtes aussi, mais larges et robustes, à l'aide desquelles, continuant l'œuvre des parents, elles creusent des galeries parallèles aux fibres ligneuses dans toute l'épaisseur des bois tendres feuillus ou résineux et dans l'aubier des bois à duramen distinct (chênes, châtaigniers, pins, etc.). Les larves ont bien soin de ménager la couche extérieure, précaution que prennent aussi, pour masquer leur présence, les deux ravageurs dont il vient d'être question.

Comme pour tous les insectes qui vivent à l'abri, on n'est pas bien fixé sur la durée des divers stades de leur évolution et il est probable qu'ils chevauchent fréquemment; on trouve en même temps des larves, des nymphes et des insectes parfaits. Les vrillettes qui vivent en forêt sur les bois morts ont probablement une évolution plus régulière que les vrillettes des appartements, où les variations de température sont peu sensibles. Hess indique

1. L'horloge de la mort, nom quelquefois donné à ces insectes par les esprits superstitieux, devient, comme on l'a fait observer, l'horloge de la vie, grâce aux observations de BECKER; car c'est pour procréer une nouvelle vie que les vrillettes s'appellent en frappant ces coups.

deux ans pour la durée du cycle de l'*Anobium tessellatum* Fabr., dont les larves et les adultes réduisent en vermoulure le bois des arbres secs en forêt (chêne, hêtre, érable, châtaignier, etc.), le perforant dans toutes les directions. Quand les larves ont atteint leur taille, elles se nymphosent dans la vermoulure et de ces nymphes sortent, surtout au printemps ou en été, les insectes parfaits qui copulent et meurent, pour la plupart, dans l'intérieur des meubles, planchers, charpentes, sans apparaître à l'extérieur.

Les principales espèces sont :

La *Vrillette marquetée* (*Anobium tessellatum*), qui atteint les plus grandes dimensions et se distingue par la ponctuation fine qui recouvre tout le corps à l'exception des élytres, remarquables par leur marbrure. C'est, de toutes les espèces, la plus fréquente en forêt sur les arbres feuillus ; comme il vient d'être dit, elle est commune aussi dans les bois en œuvre ;

La *Vrillette opiniâtre* (*Anobium pertinax*), représentée planche X, figure 2 ; elle est noirâtre, plus petite ; les bords et les angles du corselet sont arrondis et marqués d'un creux en losange de chaque côté avec une petite tache de poils jaunes ; élytres profondément ponctuées ;

La *Vrillette domestique* (*Anobium domesticum*) ;

La *Vrillette des tables* (*Anobium striatum*), l'une des plus petites (2 à 3 millimètres) ;

Le *Ptilin pectinicorn*e (*Ptilinus pectinicornis*), mesurant à peine 4 millimètres et de forme cylindrique comme les espèces précédentes. La structure de ses antennes permet de le reconnaître aisément ; pectinées chez les femelles, elles deviennent flabellées chez les mâles et forment d'élégants panaches ;

Le *Ptilinus costatus*, représenté planche X, figure 3 ;

Le *Lyctus canaliculatus*, type de la famille des Lyctides, ayant 3 à 4 millimètres, le corps allongé, cylindrique, les élytres marquées de nombreux sillons⁽¹⁾.

Telles sont les principales espèces réunies sous le nom de vrillettes⁽²⁾. Toutes creusent des galeries cylindriques, d'abord lon-

1. Cet insecte est extrêmement commun dans les collections de bois de l'Ecole forestière ; il faut procéder à des sulfurages ou à des immersions dans des solutions alcooliques de bichlorure de mercure pour s'en débarrasser.

2. Le *Lyneceylon navale* est très nuisible dans les chantiers maritimes où on utilise le chêne ; mais on ne le voit pas dans les constructions.

gitudinales, puis en tous sens, dans l'aubier de tous les bois et surtout dans ceux (chênes) dont l'aubier est riche en matières nutritives (amidon, matières azotées). Quand l'aubier est privé de ces aliments, par des annélations par exemple, il n'est pas attaqué par les vrillettes. Le cœur des bois durs est en général respecté; mais les bois sans duramen, feuillus ou résineux, peuvent être rongés dans toute leur épaisseur, bien que, même chez ces bois, les vrillettes pullulent surtout dans les couches extérieures, beaucoup plus riches en éléments nutritifs facilement assimilables.

C'est pour se garantir des dégâts de tous ces insectes qu'on rejette l'aubier des chênes dans tous leurs emplois comme bois d'œuvre, à moins que l'on n'empêche par des insecticides l'invasion des vrillettes.

Quoique ces insectes aient grand soin, avons-nous dit, de conserver intact un mince feuillet ligneux superficiel, il leur faut bien y creuser de-ci de-là des trous soit pour l'aérage, soit pour la sortie de la vermoulure. Les planchers, les meubles, les poutres en bois blanc ou en sapin sont parfois criblés de ces trous que l'on appelle *trous de vers*; ils indiquent que le bois est vermoulu en dessous plus ou moins profondément.

Si l'on ne détruit pas à temps ces vrillettes, les poutres, planchers, meubles tombent bientôt en poussière.

Remèdes. — Ici encore il est facile d'empêcher les dégâts. On peut agir préventivement en enduisant d'insecticides éprouvés la surface des objets à préserver.

Si les bois sont attaqués, on agit comme il a été dit plus haut pour l'*Hylotrupes bajulus*; on râcle la surface vermoulue et on badigeonne à deux reprises avec des substances à la fois antiseptiques et insecticides, telles que les créosotes, carbolineums, microsols, etc.

S'il s'agit de meubles ou de planchers dont on ne veuille pas altérer la couleur, on plonge les meubles dans une solution alcoolique renfermant 10 % de bichlorure de mercure⁽¹⁾; si on ne peut

1. L'emploi du bichlorure de mercure comme insecticide contre les vrillettes est très ancien. PAULET, dans son *Traité de la conservation des bois*, excellent à l'époque de son apparition (1874), mais bien incomplet aujourd'hui, raconte (p. 167) qu'une personne de qualité de Provence, ne sachant comment faire pour avoir du parquet que les vers ne lui mangeassent pas en peu d'années, ainsi qu'il arrive en ce pays-là (il s'agit évidemment des vrillettes), demanda conseil à un savant académicien français, M. Homberg. Celui-ci

procéder par immersion, on se sert du pinceau et l'on badigeonne avec une des nombreuses mixtures insecticides (essence de térébenthine ou de pétrole, etc.).

Caractères communs aux trois groupes précédents

Tels sont les trois insectes ou groupes d'insectes qui causent aux bois en œuvre des dommages sérieux. On a vu qu'il était bien facile d'employer contre eux soit des moyens préventifs, soit des procédés destructifs efficaces.

Ceux qui se plaignent ne peuvent accuser que leur indifférence.

Contrairement à ce que l'on constate pour les insectes qui attaquent les arbres vivants, on ne peut faire ici intervenir la *fécondité* comme la cause principale de la *nocuité*.

Le capricorne domestique, les vrillettes ne peuvent certes être considérés comme des insectes très féconds et, de plus, leur cycle biologique est long (en moyenne deux ans).

Ce qui fait la grande nocuité des insectes dont il vient d'être question, c'est la réunion des deux caractères suivants *que les trois groupes possèdent au plus haut degré* : 1° l'aptitude, rare chez les insectes, à passer toutes les phases de leur vie à l'obscurité, dans le même milieu, et à s'y féconder sans avoir besoin de paraître à la lumière ; 2° l'instinct qui les porte à travailler toujours à l'abri (¹) et, par suite, à respecter la surface des objets dans lesquels ils vivent, ce qui fait que l'homme ne s'aperçoit souvent que trop tard de leur présence.

C'est parce que le dernier insecte dont il reste à dire quelques mots ne jouit pas de cette néfaste propriété de se multiplier dans la même poutre sans apparaître au dehors que ses dégâts sont vraiment insignifiants. Mais comme on l'a vu parfois sortir en

lui conseilla de tremper son parquet dans de l'eau où l'on aurait mêlé du sublimé corrosif, ce qui fut fait avec un plein succès. Or ceci se passait en 1705, il y a plus de deux cents ans. A l'inverse de certains remèdes qui, paraît-il, ne guérissent que lorsqu'ils viennent d'être inventés, le sublimé corrosif, quoique vieux de deux siècles, guérit toujours.

1. Cet instinct est, comme on sait, très puissant chez les termites. « Faut-il passer d'un étage à un autre, s'il n'y a pas de montants en bois qui fournissent par leur intérieur le chemin tout tracé, des galeries couvertes, *faites de terre rapportée*, sont construites, et l'on voit, collées aux murailles, *des trainées sinueuses, souvent longues de plusieurs mètres*, qui sont les grandes routes de ces êtres bizarres, *ennemis du jour et de l'air libre*. Quand un édifice est ainsi envahi, sa ruine est prochaine et une saison suffit pour amener la destruction d'une maison » (*Le Termite lucifuge*, par J. PEREZ.)

assez grand nombre des poutres et des charpentes des maisons neuves, il peut, à la rigueur, être considéré comme un insecte des bois en œuvre.

Sirex (*Sirex gigas*, *S. juvencus*, *S. spectrum*)

Les sirex font partie de l'ordre des Hyménoptères, si important à tous égards.

Les Hyménoptères se divisent en Hyménoptères porte-aiguillons (fourmis, guêpes, abeilles) et en Hyménoptères porte-tarière ou térébrants (Ichneumonides, Cynipides, Tenthredinides, Siricides). Ces derniers n'ont pas d'aiguillon; la femelle introduit ses œufs dans le milieu qui leur convient à l'aide d'une tarière qui, comme chez les sirex, peut s'enfoncer à travers l'écorce et le bois jusqu'à 8 millimètres.

Les sirex sont des Hyménoptères térébrants à abdomen sessile comme la famille voisine des Tenthredinides.

Les sirex ressemblent à de grandes guêpes⁽¹⁾. Le plus commun est le sirex commun (*Sirex juvencus*), d'un bleu d'acier, avec les ailes jaunes. Le mâle est très différent de la femelle comme taille et coloration, la femelle ayant souvent 22 millimètres (parfois 35) et le mâle seulement la moitié. Du reste il y a dans les individus d'un même sexe de grandes variations de taille, mal expliquées. La larve possède une tête cornée sans yeux, une pointe anale caractéristique et des mandibules tellement fortes que la larve de sirex peut creuser ses galeries dans du plomb.

Les deux autres espèces importantes sont le sirex géant (*Sirex gigas*), d'une taille plus forte, de coloration jaune et noire, et le sirex spectre (*Sirex spectrum*).

Ces trois espèces n'habitent que les résineux. Toutes se rencontrent dans le bois d'épicéa; le *S. spectrum* se trouve en outre dans le sapin; quant au *S. juvencus*, son bois de prédilection est celui du pin sylvestre. Le *S. gigas* est plus fréquent dans le sapin, rare dans le pin sylvestre et le mélèze.

Ces guêpes de bois ne vont jamais pondre sur les arbres sains; elles ne confient leurs œufs qu'aux arbres sur pied malades ou aux arbres abattus. La femelle enfonce rapidement sa tarière à

1. Les Allemands les appellent guêpes de bois (*Holzwespe*).

travers l'écorce et l'aubier et place son œuf parfois à 8 millimètres de profondeur; elle retire sa tarière, l'enfonce à nouveau, pondant un œuf à chaque coup de tarière. La larve creuse dans le bois des galeries dont le diamètre, toujours cylindrique, s'accroît avec sa taille et qu'elle garnit derrière elle de sa vermoulure.

Ces galeries, plus ou moins arquées, ont jusqu'à 20 centimètres de longueur; leur extrémité, plus élargie, aboutit près de l'écorce et sert de chambre de nymphose. L'insecte, à son éclosion, sort en perforant un trou circulaire.

Le vol des guêpes de bois et leur ponte ont lieu de juin à septembre. C'est dans cette période qu'on en voit parfois dans les appartements neufs, sortant des poutres de la charpente.

La vie larvaire est plus ou moins longue et il y a, à cet égard, de grandes différences tenant probablement à la richesse de l'arbre en aliments. En tout cas, il faut au moins deux ans, quelquefois trois ou même quatre, pour que l'insecte achève son évolution.

C'est ainsi que s'explique l'apparition, en assez grand nombre parfois, de ces insectes dans les maisons construites depuis un an ou deux. Le sirex achève dans la poutre du plafond l'évolution commencée en forêt, soit sur l'arbre sur pied *malade*, soit sur l'arbre *très sain* qui vient d'être abattu (1).

Il n'y a pas du tout à se préoccuper de ces apparitions parce qu'*elles ne se renouvelleront pas*. Ces grandes guêpes à longue tarière qu'on voit voltiger dans les appartements sont désormais inoffensives. Leur instinct les porte à ne confier leurs œufs qu'à des arbres *ayant encore* de la sève. *Jamais elles ne pondent sur les poutres d'où elles sortent.*

1. Et c'est pourquoi l'on ne peut approuver les dires de certaines personnes (voir le Rapport de M. GRIÉ, professeur à la faculté de Rennes, sur l'affaire Bussy-Goux, à Lyon, 1905) qui prétendent que ces trous de vers indiquent *toujours* des bois gâtés, malades, et que ces pièces auraient dû être rebutées en forêt. 1° Ils n'indiquent pas toujours des bois malades puisque les bois sains abattus peuvent recevoir les pontes; 2° on ne peut rebuter ces pièces en forêt puisque les trous faits par l'insecte à sa sortie peuvent ne pas exister encore. Le sirex est souvent transporté à l'état de larve dans les charpentes sans qu'on puisse s'apercevoir de sa présence; elle n'est dévoilée qu'un an ou deux après la construction par ces trous circulaires de 4 à 5 millimètres de diamètre donnant issue à l'insecte parfait.

A l'occasion de la communication de M. Henry, M. MER présente les observations suivantes :

En 1893, j'ai fait connaître un procédé permettant de mettre le bois du tronc d'un arbre à l'abri de l'atteinte des vrillettes. Il consiste à pratiquer une décortication annulaire ou annélation de 10 à 15 centimètres de large sous les premières branches. Cette opération étant effectuée au mois de mai, l'arbre peut être exploité dès le mois de novembre. Tout le bois de la partie du tronc située au-dessous du tronc est devenu ainsi réfractaire à la vermoulure.

Le procédé repose sur les faits que je vais exposer.

En examinant au microscope la poussière de vermoulure provenant d'un bois très amylofère : l'aubier du chêne, j'avais reconnu qu'elle était complètement dépouillée d'amidon, alors que les parties voisines, non encore attaquées, en étaient remplies. Cette observation me fit penser que les vrillettes recherchent uniquement l'amidon dans le bois et que si l'on parvenait à faire disparaître cette substance dans le tronc d'un arbre, on arriverait peut-être à le préserver de l'attaque de ces insectes. Or j'avais constaté, au cours d'autres recherches, que l'annélation a pour effet de faire résorber l'amidon dans toute la région infra-annulaire. Voici comment : la glycose, formée par les feuilles sous l'influence de la radiation solaire s'accumule, dans leur parenchyme, à l'état d'amidon de réserve, en plus ou moins grande quantité, suivant le rapport entre l'activité avec laquelle il est produit et celle avec laquelle il est ensuite converti en glycose, forme sous laquelle il progresse dans les tissus conducteurs pour se rendre des branches dans la tige. Parvenu là, il remplit les rayons médullaires, mais ne peut cheminer dans le sens de l'axe de l'organe que par le liber mou. On en a la preuve, dans le fait, qu'au bout d'un certain temps, variable du reste, l'amidon a disparu de la région située au-dessous de l'anneau. Il en a disparu, en partie utilisé par l'assise cambiale, en partie résorbé par la combustion respiratoire. La région infra-annulaire d'un tronc annelé, ne recevant plus l'amidon des feuilles, est donc réduit à la réserve qu'il possédait au moment de l'opération. Cette réserve est résorbée, au courant de l'été, même dans les essences les plus amylofères.

Pour m'assurer si mon hypothèse était exacte et si un bois dépourvu d'amidon se trouve à l'abri de l'attaque des vrillettes,

je laissai en contact, pendant trois années (de 1890 à 1893), des billes de chênes de 2 à 3 mètres de longueur, provenant d'arbres écorcés entièrement ou seulement annelés et d'autres billes non opérées, destinées à servir de témoins. Au bout de ce temps, je constatai que l'aubier des premières était resté indemne, tandis que celui des secondes était entièrement vermoulu dans sa partie périphérique.

J'appelle annélation *supérieure*, l'annélation dont je viens de parler, pratiquée sous les premières branches. Elle est indispensable. Mais il est utile d'en effectuer encore une autre au pied de l'arbre. C'est l'annélation *inférieure*. J'ai reconnu que, grâce à elle, la résorption de l'amidon est plus rapide et plus complète, parce qu'on empêche ainsi l'amidon de la souche de parvenir au tronc.

L'une et l'autre décortication s'effectuent très facilement par deux ouvriers. Tandis que l'un, grim pant sur l'échelle, procède à l'annélation supérieure, l'autre enlève un anneau d'écorce au pied de l'arbre, après avoir aidé son camarade à déplacer, transporter et replacer l'échelle. Deux ouvriers exercés peuvent ainsi opérer un gros chêne en vingt minutes. Ce travail est donc peu onéreux, si l'on tient compte des avantages qui en résultent et notamment de la possibilité de se servir, en menuiserie, de l'aubier des bois durs qui sont les plus riches en amidon et par suite les plus vermoulables. Or, dans plusieurs essences, telles que le frêne, l'érable, le hêtre et le noyer, l'aubier forme une proportion importante du tronc.

Voici, à l'appui de ce que je viens de dire, deux rondelles que j'ai détachées ce matin de deux billes de chênes dont j'avais opéré l'un en 1890. Ces billes, ainsi que plusieurs autres, sont restées en contact, dans un grenier de l'École forestière, pendant dix-sept ans. L'une a son aubier externe complètement vermoulu, tandis que l'autre est absolument intacte. L'aubier interne n'a pas été attaqué. Il en était à peu près ainsi dès la troisième année. Il ne semble donc pas que les vrillettes aient beaucoup travaillé depuis cette époque. Et, en effet, en grattant le bois vermoulu et en délayant dans l'eau les débris, on n'y trouve plus de vrillettes. Elles sont mortes ou ont émigré depuis longtemps. Il s'agit d'en rechercher la cause. Si l'on dépose sur cet aubier interne une goutte de teinture d'iode, on constate que la tache, ainsi

formée sur le bois, conserve la coloration de la teinture, ce qui semblerait indiquer que l'amidon a disparu de cette région, comme les vrillettes ont disparu de la région externe. Cependant, à l'examen microscopique, on voit qu'il en subsiste encore passablement. Les rayons gros et petits sont vides, mais un assez grand nombre de cellules ligneuses en renferment encore, de même que celles de la périphérie des gros rayons qui, dans toutes les circonstances où l'amidon se résorbe, sont les dernières à conserver le leur. Il reste donc encore un peu de cette substance dans l'aubier interne, demeuré intact, mais trop peu pour que les vrillettes aient cru devoir l'entamer, afin d'y chercher un aliment qui s'y trouvait par trop disséminé. La plus grande partie de l'amidon que renfermait cette région, après l'abatage de l'arbre, avait été employée à la combustion respiratoire, pendant que les vrillettes étaient occupées à dévorer celui qui se trouvait dans l'aubier externe.

Le procédé de l'annélation est applicable surtout aux essences dures qui sont les plus amylières et qui, pour ce motif, conservent en tout temps de l'amidon dans leurs tissus de réserve, moins cependant en hiver qu'en été. Les bois tendres et les conifères, pauvres en amidon pendant la période de végétation, n'en renferment plus en hiver. Les arbres appartenant à ces essences, qui sont exploités en cette saison (de décembre à mai) sont donc, par ce fait même, à l'abri de la vermoulure, tandis que ceux qui sont abattus de mai à décembre, y sont exposés et doivent être annelés pour en être préservés.

L'annélation, telle que je viens de la décrire, n'est pas la seule opération pouvant produire la résorption de l'amidon des bois. Ce résultat est encore atteint, quoique d'une manière moins générale et moins sûre, par une dessiccation lente. Un fragment de bois assez volumineux pour être préservé d'un dessèchement trop rapide, continue à vivre assez longtemps et la combustion respiratoire consomme peu à peu l'amidon qu'il renfermait. A cet égard, il y a de grandes différences suivant les essences. Les bois très amylières mettent plus de temps à résorber la totalité de leur amidon, mais la quantité de cette substance n'est pas seule en cause. Ainsi le chêne perd moins rapidement son amidon que le hêtre. Il en est de même du frêne et surtout du noyer, très vermoulable, comme l'on sait. Le tronc d'un hêtre coupé au début

de l'hiver et gisant sur le sol, a perdu une grande partie de son amidon au mois de juin. J'ai reconnu que les planches et madriers qui séjournent empilés, pendant trois et quatre ans, dans les chantiers de bois, en vue de leur dessiccation, ne renferment généralement plus d'amidon au bout de ce temps. En examinant les bois dans divers ateliers de menuiserie, j'ai constaté que la plupart n'étaient plus amylières. Si donc l'on était certain de n'employer que du bois ayant subi plusieurs années de dessiccation, on pourrait, pour beaucoup d'entre eux, se dispenser de l'annélation. Mais il est loin d'en être toujours ainsi. Parmi les échantillons prélevés chez des menuisiers et dans lesquels l'amidon faisait défaut, j'en ai trouvé d'autres plus ou moins amylières, avec lesquels on fabriquait des meubles qui se trouvaient, par là même, exposés à la vermoulure. J'en ai toujours rencontré dans le noyer, même au bout de deux et trois ans de coupe et bien qu'on ait l'habitude de conserver en grume les billes de cette essence, exposées à la pluie, afin d'y produire, par l'entraînement sur certains points et le dépôt sur d'autres du tanin oxydé, les veines recherchées par la consommation. Le maintien en grume et le séjour à l'extérieur sont cependant des conditions très favorables à la prolongation de la vie et par suite à la résorption de l'amidon. Le noyer doit donc être regardé comme l'une des essences dans lesquelles cette substance disparaît avec le plus de lenteur. C'est précisément en raison de cette grande variation que la vermoulure est attribuée, suivant les régions, à des causes fort diverses, parmi lesquelles domine l'époque d'abatage. Dans plusieurs provinces, l'intervention des phases de la lune et la direction du vent sont regardées comme prépondérantes.

Le procédé de l'annélation se recommande par l'économie de son emploi et la sûreté de ses résultats. L'usage des agents désinfectants dont vient de parler M. Henry, présenterait bien des inconvénients dans les bâtiments. Même restreint aux poutres et aux charpentes, le carbonyl y répandrait longtemps une odeur fort désagréable. Les pièces enduites de cette substance ne supportant pas la peinture ou le cirage, quand il s'agit de parquets, ne pourraient servir à la menuiserie. D'autres corps, parmi lesquels le microsolv se place en première ligne d'après les essais de M. Henry, ne semblent pas présenter ces inconvénients, mais l'imprégnation *complète* des bois par cette solution paraît être

assez onéreuse et il faudrait qu'elle ne fût pas seulement superficielle, pour que, dans les assemblages de bois, les pièces en contact les unes avec les autres, les tenons et les mortaises qu'on taille le plus souvent, en exécutant le travail, fussent préservées.

Plusieurs menuisiers ou entrepreneurs auxquels je conseillais l'emploi de lames de parquet avec aubier provenant de chênes annelés m'ont objecté que cela leur était formellement interdit par le cahier des charges. M'adressant alors à des architectes, je leur demandai s'il ne serait pas possible de modifier ce cahier des charges, dans le cas où l'aubier, réfractaire à la vermoulure, serait reconnu, après essais, ne pas présenter des qualités par trop inférieures à celles du duramen, à d'autres points de vue tels que la dureté, la résistance à l'usure, la coloration, etc. Il me fut répondu qu'on serait dépourvu de moyen de contrôle pour s'assurer si les meubles, les parquets, les pièces de charpente avaient été confectionnés avec du bois provenant d'arbres annelés. Cette objection est très réfutable, car quelques gouttes de teinture d'iode appliquées çà et là sur les bois à éprouver, permettraient de reconnaître s'ils renferment une quantité d'amidon suffisante pour y attirer les insectes. J'ai fait remarquer précédemment que, sur l'une des rondelles produites, les vrillettes n'avaient pas attaqué l'aubier interne, bien que renfermant encore de l'amidon, mais trop peu. D'ailleurs que de fournitures dont on fait couramment emplette sans qu'il soit possible d'en reconnaître immédiatement la qualité! Sait-on si le beurre qu'on achète n'est pas margariné? On est obligé de se fier à la bonne foi du vendeur ou, dans le cas contraire, de faire analyser. Il en serait de même pour les bois et la tâche serait bien plus aisée, car il suffit de quelques minutes pour reconnaître, par l'examen microscopique, si un bois est amylofère. D'ailleurs ces précautions deviendraient superflues, quand la pratique se serait généralisée. Dans la confection des parquets, il est toléré une certaine quantité d'aubier pour les parties ajustées. Celles-ci se vermoulent facilement, je l'ai constaté, quand l'aubier est encore amylofère. Il y aurait donc grand intérêt à ce qu'il ne le fût plus.

M. Boppe vient de nous dire que si la présence de l'amidon dans un bois est bien la cause de la vermoulure, le bois de sapin n'étant plus amylofère de décembre à mai, comme je l'ai fait remarquer, ne devrait jamais être atteint de vermoulure, car c'est

surtout en hiver que ces arbres sont exploités. Je répondrai d'abord que le bois de sapin est fort peu attaqué par les vrillettes. Depuis plus de trente ans, je vis dans une région de sapins, je fais exécuter des constructions, des meubles en sapin, j'ai constamment sous les yeux des charpentes, des planchers, des tables, des chaises en sapin, j'en ai même qui se trouvent relégués depuis plusieurs années dans des greniers, des pièces inhabitées, conditions favorables au travail des vrillettes et c'est à peine si de loin en loin je constate la présence de vermoulures. J'ajouterai que, dans les hautes Vosges du moins, ce n'est pas seulement en hiver, mais toute l'année qu'a lieu, depuis longtemps déjà, l'exploitation de ces arbres. C'est même plutôt du printemps à la fin de l'automne que s'effectue cette besogne, d'abord parce que les jours sont plus longs, ensuite parce qu'elle devient impossible, quand la neige est par trop épaisse. Chaque hiver, il y a, pour ce motif, un assez grand nombre de jours de chômage et dans certains hivers, comme celui que nous traversons, où la neige est tombée si abondamment, les bûcherons restent parfois plusieurs mois sans pouvoir se rendre à la coupe. On peut donc dire que c'est, en majeure partie, de l'exploitation faite en d'autres saisons qu'en hiver, que proviennent les bois de sapin livrés au commerce. Par conséquent, on est autorisé à supposer, lorsqu'on y rencontre quelques traces de vermoulure, qu'elles se trouvent dans des bois coupés de mai à décembre et par suite amylières. Il est de croyance répandue parmi les bûcherons de Gérardmer que les sapins exploités en mai sont ceux qui *se piquent* le plus facilement. Or, j'ai reconnu que c'est en avril et mai que les aiguilles de sapin sont le plus remplies d'amidon, non pas tant parce que l'amylogénèse est plus active à cette époque que parce que l'évolution des bourgeons et l'activité cambiale ne commençant guère qu'à la fin de mai, cet amidon formé par les feuilles n'est employé, au premier printemps, qu'à remplir les tissus de réserve qui s'étaient vidés l'automne précédent.

M. Cuif vient de rappeler les expériences d'écorcement de Bufon. Elles n'ont pas été faites en vue de la préservation des bois contre la vermoulure mais dans le but de s'assurer si, conformément à une vague croyance qui s'était transmise, à travers les âges, depuis la période romaine, les bois écorcés quelque temps avant l'abatage ou même seulement annelés au pied (cernés),

ainsi que cela se pratiquait dans quelques pays, acquéraient, par cette opération, certaines qualités. Buffon écorça totalement, c'est-à-dire depuis le bas du tronc jusqu'aux premières branches, quelques chênes qu'il laissa sur pied deux ans, afin de comparer, sous le rapport de la densité, la flexibilité et la résistance à la rupture, de leur bois à celui d'autres chênes maintenus deux ans sous écorce, après abatage, dans un hangar. Il dit avoir constaté que le bois de ces arbres écorcés était plus dense et plus résistant, à volume égal, que celui des témoins et ajoute avoir reconnu les mêmes résultats sur des chênes annelés à 1 mètre de terre, mais sans distinguer la partie du tronc située au-dessus de l'anneau, de celle située au-dessous. Nulle part, dans son *Mémoire* (le deuxième de ceux relatifs à ses travaux sur les végétaux), il ne décrit une expérience entreprise au point de vue de la vermoulure ; bien plus il n'en cite aucune autre faite avant lui.

Buffon eut le grand mérite d'être un des premiers à recourir à l'expérimentation dans l'étude de la vie végétale, mais il faut reconnaître que, si l'intention était bonne, l'exécution laissait beaucoup à désirer. C'est ainsi qu'il comparait ses bois écorcés depuis deux ans et devenus presque secs, comme il l'indique du reste, à des bois maintenus sous écorce, dans un hangar, pendant le même temps et qui devaient avoir perdu fort peu de leur eau de constitution. Ces bois se trouvant inégalement desséchés n'étaient donc pas comparables : Buffon ne semble pas s'en être aperçu ; ce qui est d'autant plus surprenant que, au cours d'expériences d'un autre ordre poursuivies à la même époque, il avait reconnu qu'un gros chêne protégé par son écorce et gisant sur terre depuis un an, avait perdu fort peu d'eau. Évidemment il ne comprenait pas que l'inégalité de teneur en eau suffisait à fausser les résultats.

Buffon, à la suite de ces expériences, était arrivé à cette conclusion que, par l'écorcement, l'aubier acquérait les qualités du duramen et pouvait servir aux mêmes usages. Il voyait là la possibilité d'accroître, dans une notable mesure, la quantité de bois d'œuvre disponible dans le royaume. Il y a plus ; cette opération rendait, suivant lui, l'aubier supérieur au duramen et améliorait même ce dernier. Or rien de cela n'est exact. L'écorcement accroît la dureté du bois, parce qu'il le dessèche, mais par contre il présente un grave inconvénient que Buffon ne semble pas avoir

remarqué, celui de produire des gerçures nombreuses et parfois profondes qui détériorent beaucoup l'arbre.

Dès que Buffon eut communiqué les résultats de ses expériences à l'Académie des sciences en 1738, Duhamel voulut les vérifier et, chose surprenante et peu explicable, trouva comme lui que le bois écorcé est plus lourd et résiste mieux à la rupture. Pas plus que Buffon, Duhamel ne paraît s'être préoccupé de l'inégale teneur en eau des sujets comparés. Malgré l'autorité des deux savants et le retentissement qu'eurent en Europe leurs expériences, le procédé de l'écorcement ne fut pas consacré par la pratique. De 1788 à 1792, Varenne de Fenille, opérant sur des peupliers et des marronniers, obtint des résultats opposés à ceux qui avaient été signalés par Buffon et Duhamel. Il en fut de même en Allemagne, au commencement du siècle suivant. Le bois des arbres écorcés fut trouvé moins dense et moins résistant que celui des témoins, à degré égal de siccité. J'ai reconnu, de mon côté, que l'aubier écorcé n'acquiert qu'une seule des qualités du duramen, celle d'être, comme lui, réfractaire à la vermoulure. Or de celle-là, Buffon, pas plus qu'aucun de ceux qui, après lui, se sont occupés de la question, ne paraît s'être douté.

GREFFE ANIMALE

CHEZ UN COQ DOMESTIQUE

Par C. BRUNOTTE

Professeur à l'Université de Nancy, Ecole supérieure de pharmacie

Depuis fort longtemps, on sait que la greffe animale est faite avec succès, et la médecine actuelle emploie couramment le greffage épidermique qui, généralement, réussit très bien.

Il fut un temps où des sortes de greffes spéciales, faites sans aucun souci des précautions antiseptiques, étaient en grande vogue, et fournissaient parfois des phénomènes bizarres, étranges, qui excitaient la curiosité et qui sont relatés dans quelques ouvrages déjà anciens.

Parmi ces greffes intéressantes, il en est une assez spéciale, pratiquée au bon vieux temps et qui se faisait, dit-on, assez facilement chez les volailles.

M. Gadeau de Kerville (¹), dans une note à la Société des sciences naturelles d'Elbeuf en 1896, signale un cas analogue à celui qui nous occupe aujourd'hui (quoique son échantillon soit beaucoup plus petit que le nôtre) et donne à ce sujet des renseignements que je crois bon de rapporter. Il s'agit d'une tête de coq sur laquelle on avait greffé les ergots qui s'y sont développés.

Une des greffes épidermiques que l'on obtient aisément, dit

1. « Note sur les têtes de coqs pourvues d'ergots greffés. » (*Bulletin de la Société des sciences naturelles d'Elbeuf*, Année 1895, publiée en 1896. Allain imprimeur.)

l'auteur ci-dessus désigné, est celle de l'un ou des deux ergots d'un coq, implantés à la place où se trouvait la crête préalablement coupée.

Autrefois, quand on castrait les jeunes coqs, pour en faire des chapons, on avait coutume, pour les distinguer des autres volailles, de sectionner un ou leurs deux ergots et de les insérer dans la plaie résultant de l'excision de la crête, car au moment de l'ablation des testicules, on enlevait aussi cette partie charnue. Si l'animal ne les faisait pas tomber, en se buttant à divers obstacles, l'ergot ou les ergots continuaient à vivre, se greffaient solidement, achevaient leur développement, se contournaient, et, dans le cas où ils étaient deux, offraient l'aspect de cornes de bélier ou de boeuf (en petit naturellement).

Depuis que l'on a reconnu, ajoute encore M. de Kerville, que l'engraissement des jeunes coqs se fait aussi bien sans qu'ils soient castrés, on a cessé de pratiquer cette opération et, par suite, on ne greffe plus d'ergots, de telle sorte qu'on ne voit plus de chapons cornus et que, très probablement, ceux que l'on verra désormais auront été obtenus, soit pour une expérience scientifique, soit à titre de curiosité.

A vrai dire, il est rare en effet de rencontrer actuellement des coqs cornus, et dans toute la Lorraine, aujourd'hui, on aurait peine à trouver des individus du genre *Gallus*, affublés de cet appendice spécial, sauf en une ferme des environs de Vic-sur-Seille.

Cependant, il s'en est trouvé un, il y a quelques années, que j'ai eu l'heureuse chance de voir et que je tiens, à titre de curiosité, à présenter à la Société des sciences.

Il nous paraît être un vieux souvenir du Moyen Age et il a eu une histoire assez mouvementée, poursuivie qu'il était par les enfants (cet âge est sans pitié !) qui l'avaient baptisé de nombreux noms ironiques.

Je dois cet échantillon assez rare à mon préparateur M. R. Engel, qui a eu l'obligeance de me le rapporter d'Einville où on le connut pendant près de sept années.

Ainsi qu'on pourra s'en rendre compte par les photographies jointes à cette note, et qui représentent, sous divers aspects, la tête du coq à peu près grandeur naturelle, les ergots ont atteint ici des dimensions considérables.

Ils ont été greffés, tous deux, très petits à la face supérieure de la tête, tout à fait au sommet, et l'un à côté de l'autre.

L'un B (fig. 1 et 2) qui paraît être le plus grand, s'est accru presque droit, légèrement courbé vers la face inférieure ; l'autre A (fig. 1 et 2), dans son développement, s'est fortement contourné, et si, apparemment, il semble plus court que son voisin, il n'y a en effet qu'apparence. Ils atteignent tous deux 12 centimètres et demi de long.

L'un A est presque entièrement cylindrique et a 3 centimètres et demi de circonférence, l'autre B atteint 4 centimètres de tour et est un peu aplati dans son tiers terminal.

Un des ergots A se termine brusquement par une surface convexe, il a dû être cassé à l'extrémité ; l'autre B se termine normalement en une pointe émoussée.

Ce sont là deux beaux exemples d'une greffe animale qui a été faite par un propriétaire habile de Bezange-la-Grande, qui m'a donné entre autres les renseignements suivants reçus de M. Poiré, agriculteur : « Cette opération est très difficile, et il arrive souvent que les poulets ne survivent pas. En ce moment (mars 1907), quatre poulets à ergot greffé sont en bonne santé, seulement deux n'ont qu'un ergot, le deuxième étant tombé ; cet ergot a 3 centimètres à peu près et la greffe date du mois d'octobre dernier. Il faut avoir soin, dès les premiers jours de l'opération, de surveiller les coqs qui ont subi l'opération de façon à ce qu'ils ne se heurtent pas à des corps durs et à ce qu'ils ne fassent pas tomber l'ergot peu solide sur la tête pendant quelques jours. »

Tels sont les renseignements que j'ai pu recueillir et qu'il m'a paru intéressant de rapporter, en présentant cette pièce curieuse, réduite malheureusement à un squelette osseux un peu détérioré. Malgré cette détérioration due à un séjour assez prolongé de la tête du coq dans un fumier où on l'avait jetée, on peut constater aussi que malgré la destruction des tissus charnus et épidermiques, les bourgeons osseux inférieurs des « cornes » sont bien visibles et très développés.

Ils montrent en outre par les dimensions de leurs bases qu'ils ont été parfaitement soudés aux tissus érectiles de la crête qu'ils ont remplacés, aux dépens desquels ils se sont développés et où ils se sont nourris et accrus.

Cette substitution d'organes érectiles en organes osseux et

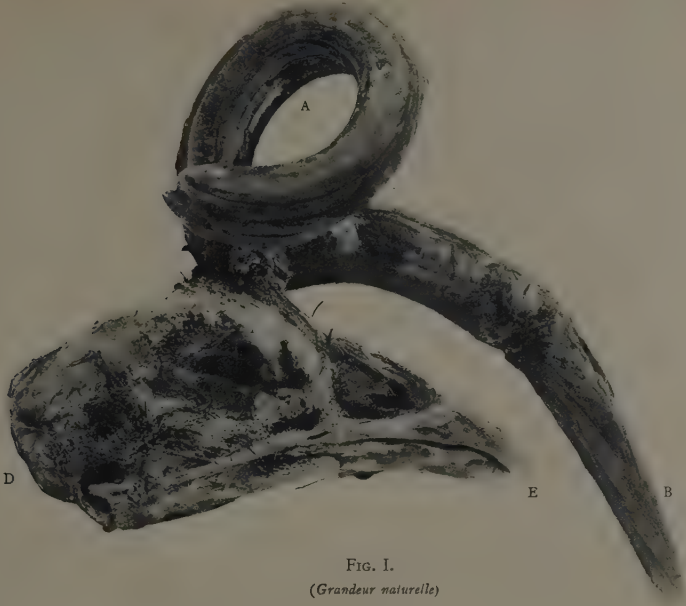


FIG. I.
(Grandeur naturelle)

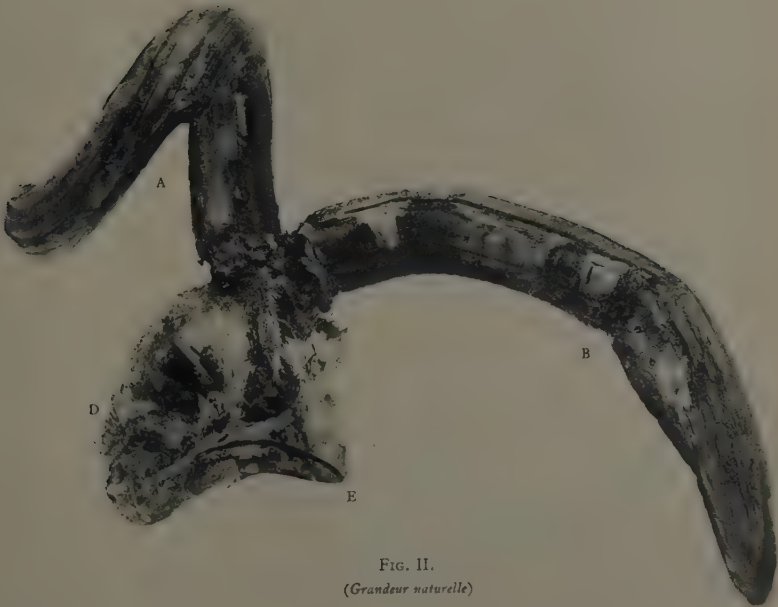


FIG. II.
(Grandeur naturelle)

durs ne manque pas, au point de vue tératologique et histologique, d'un vif intérêt ⁽¹⁾.

Des cas curieux de ce genre doivent toujours être signalés, ils viennent s'ajouter aux autres observations faites antérieurement et sont un appoint de plus à l'histoire déjà si complète des greffes animales.

(Communication faite à la séance du 15 mars 1907.)

Explication de la planche

Les deux figures représentent des photographies, grandeur naturelle, de la tête du coq, prises sous deux aspects différents.

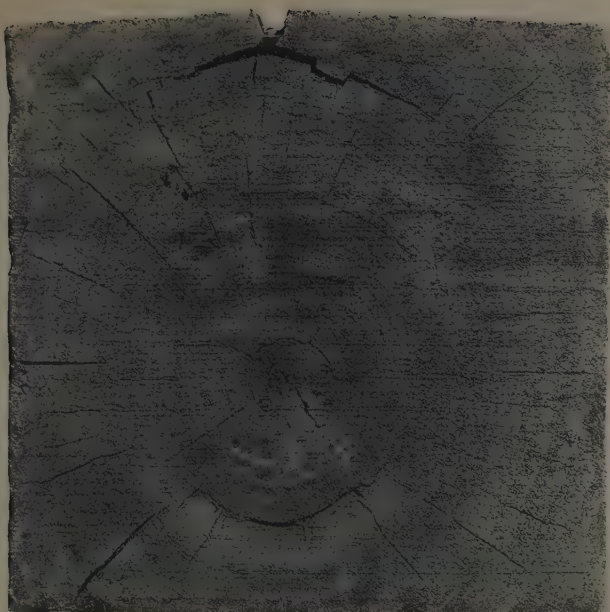
FIG. 1. — Photographie prise de côté :

- E extrémité pointue externe du bec;
- D région occipitale de la tête;
- A ergot greffé et contourné;
- B ergot plus droit et paraissant le plus long.

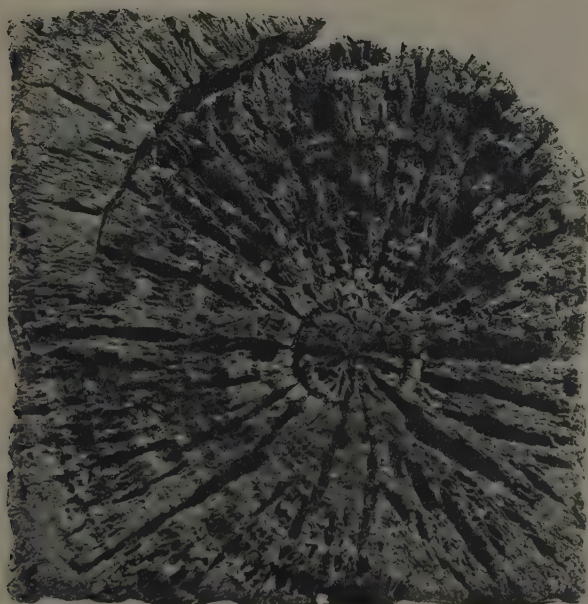
FIG. 2. — Photographie prise de face, la région du bec étant placée plus en avant, de trois quarts presque.

Mêmes désignations des lettres que dans la figure précédente.

1. L'original ira prendre place au Musée d'histoire naturelle de la ville et de l'Université de Nancy, à côté d'une autre pièce tératologique du même genre.



8



14

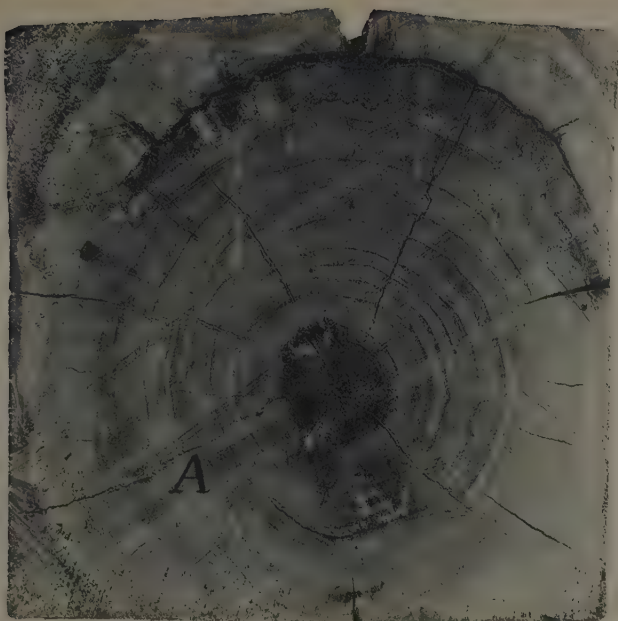
Phototypie d'Art Royer et C^{ie}, Nancy.

Réduit aux 6/10

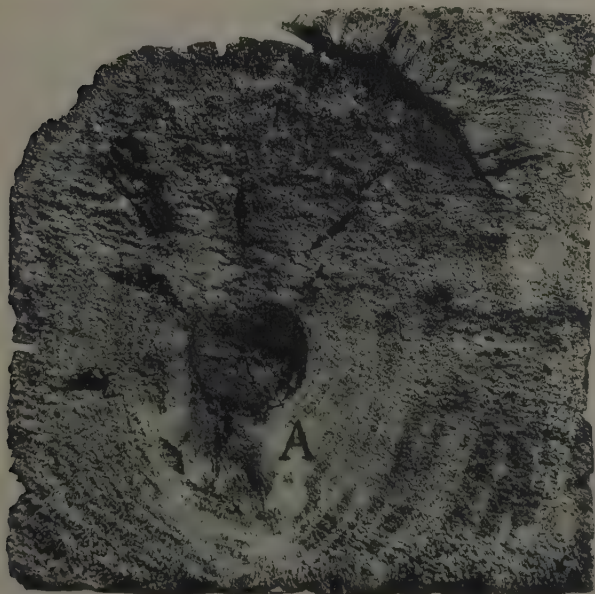
SÉRIE A.

8. — Peuplier immergé pendant 24 heures dans une solution de microsol à 4 %.
Photographié après 3 ans d'exposition en plein air et d'enfouissement
rez-terre dans du terreau.

14. — Peuplier témoin placé dans les mêmes conditions que le n° 8.
Cette figure représente la surface des cubes d'essai



8



14

Phototype d'Art Royer et C^{ie}, Nancy.

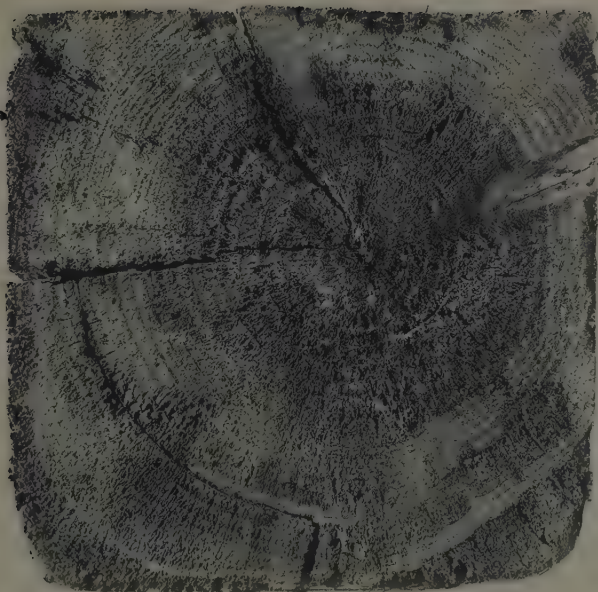
Réduit aux 0/10

8. — Peuplier immergé pendant 24 heures dans une solution de microsol à 4 ‰.

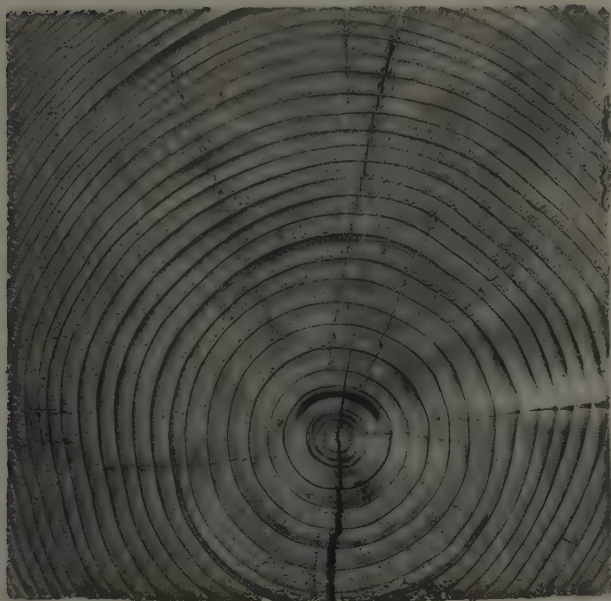
Photographié après 3 ans d'exposition en plein air et d'enfouissement rez-terre dans du terreau.

14. — Peuplier témoin placé dans les mêmes conditions que le précédent.

Cette figure représente la section médiane des cubes de la planche I et montre que l'état sain ou altéré du bois est le même au milieu qu'à la surface du cube d'essai.



16



6

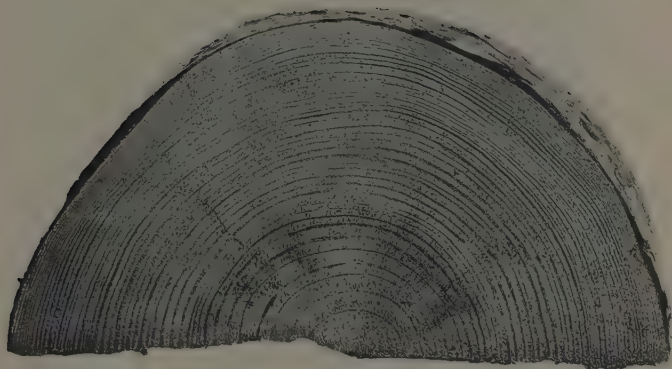
Phototypie d'Art Royer et C^{ie}, Nancy.

Réduit aux 6/10.

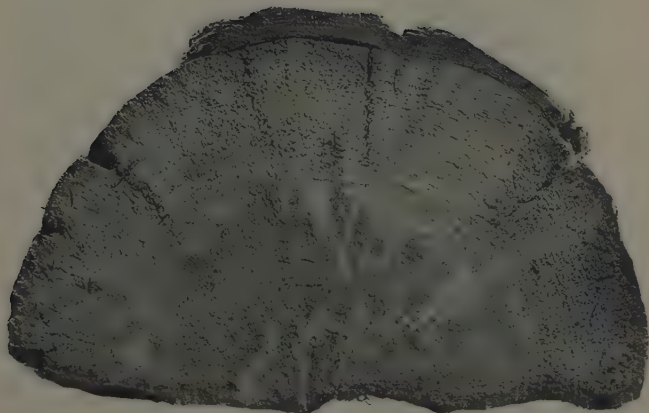
SÉRIE D.

6. — Sapin immergé pendant 24 heures dans une solution de microsol à 4 %, et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine, à Ludres, près Nancy.

16. — Sapin témoin placé dans les mêmes conditions que le n° 6. La photographie représente la section médiane des cubes d'essai qui ont 15 centimètres d'équarrissage.



8



Phototype d'Art Royer et Cie, Nancy.

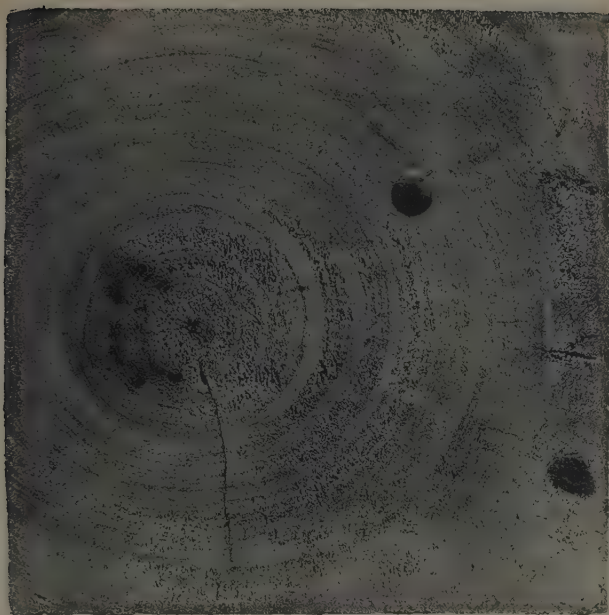
29

Réduit aux 6/10.

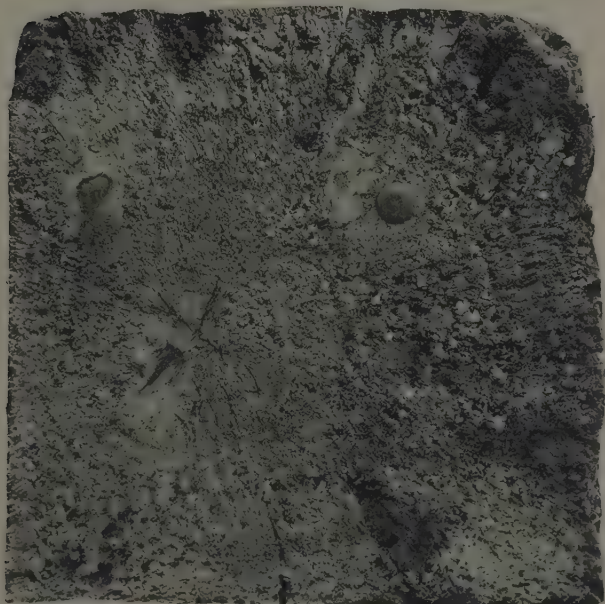
SÉRIE D.

8. — Pin d'Alep immergé pendant 24 heures dans une solution de microsol à 4 ‰, et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine, à Ludres, près Nancy.

29. — Pin d'Alep témoin placé dans les mêmes conditions que le précédent. La photographie représente la section médiane de la demi-rondelle qui a 15 centimètres de hauteur.



6



16

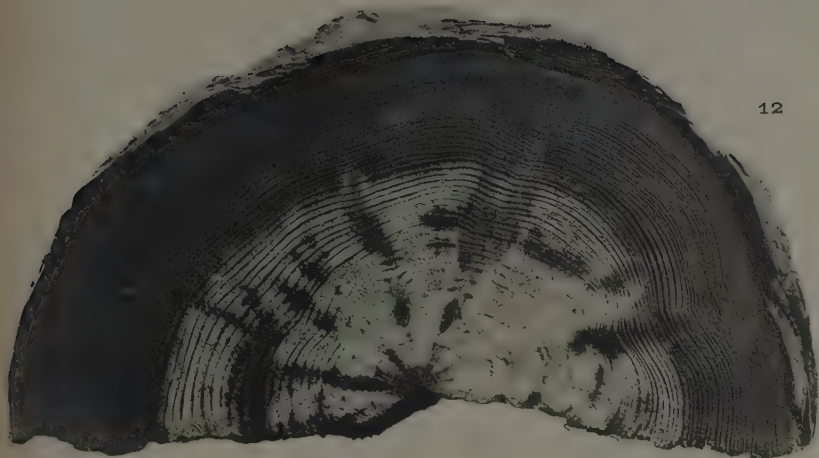
Phototypie d'Art Royer et C^{ie}, Nancy.

Réduit aux 8/10.

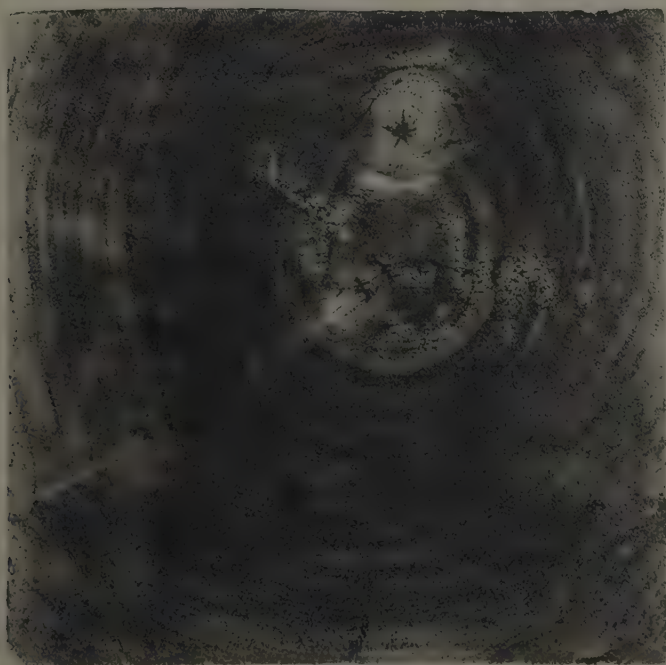
SÉRIE C.

6. — Peuplier immergé pendant 24 heures dans une solution de microsol à 4 %, et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine, à Ludres, près Nancy.

16. — Peuplier témoin placé dans les mêmes conditions que le n° 6. La photographie représente la section médiane des cubes d'essai qui ont 15 centimètres d'équarrissage.



12



11

Phototyp. Loyre et Co, Nancy.

SÉRIE D

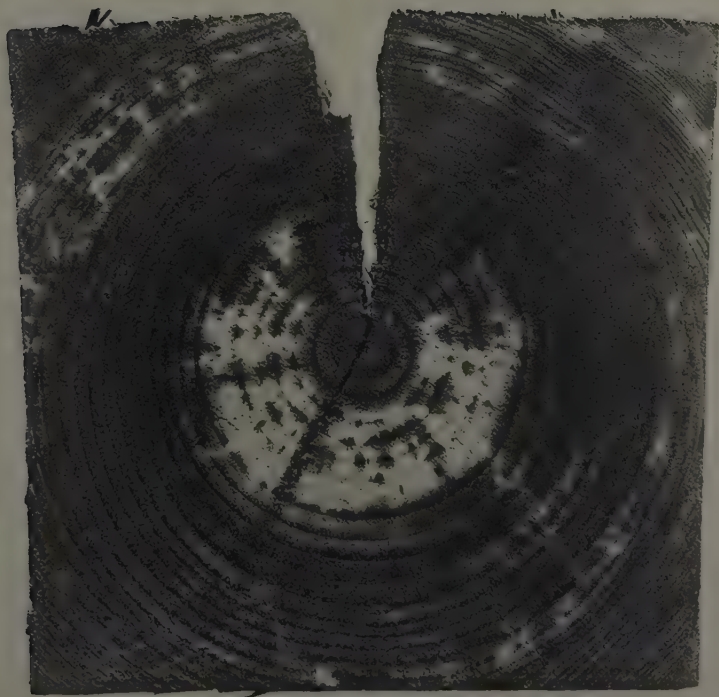
12. Pin d'Alep immergé pendant 24 heures dans le Carbolineum Avenarius et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine, à comparer avec le n° 29 de la planche IV.

SÉRIE A

11. Peuplier immergé pendant 24 heures dans le Carbolineum Avenarius. Photographié après 3 ans d'exposition en plein air, à comparer avec le n° 14 de la planche II.



17

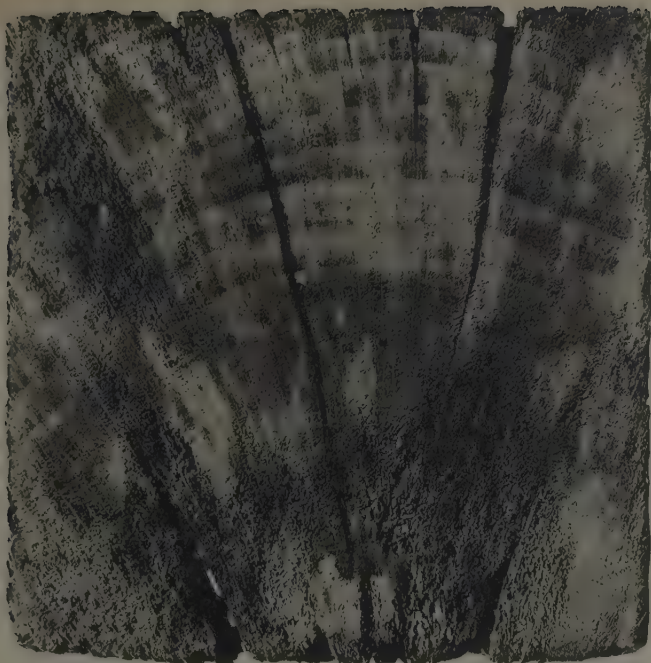


11

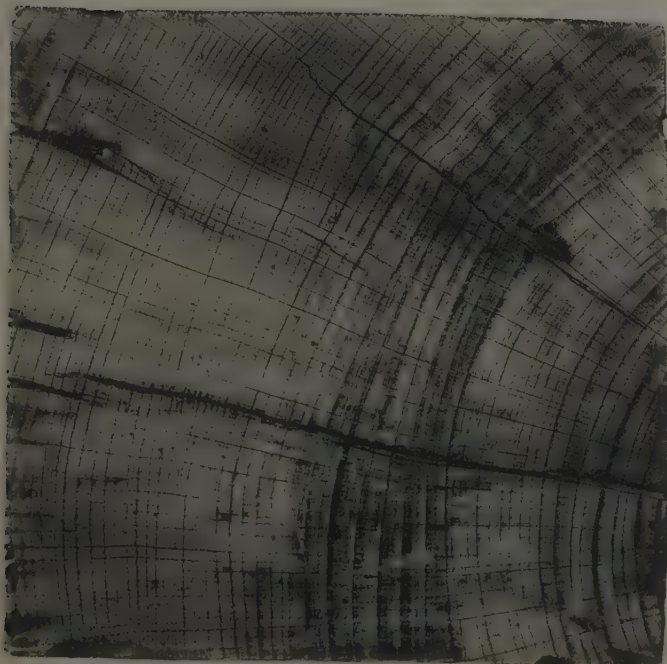
Phototypie Royer et C^{ie}, Nancy

SÉRIE C

11. Sapin immergé pendant 24 heures dans le Carbolineum Avenarius et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine.
17. Sapin témoin, entièrement décomposé, placé dans les mêmes conditions que le n° 11.



1

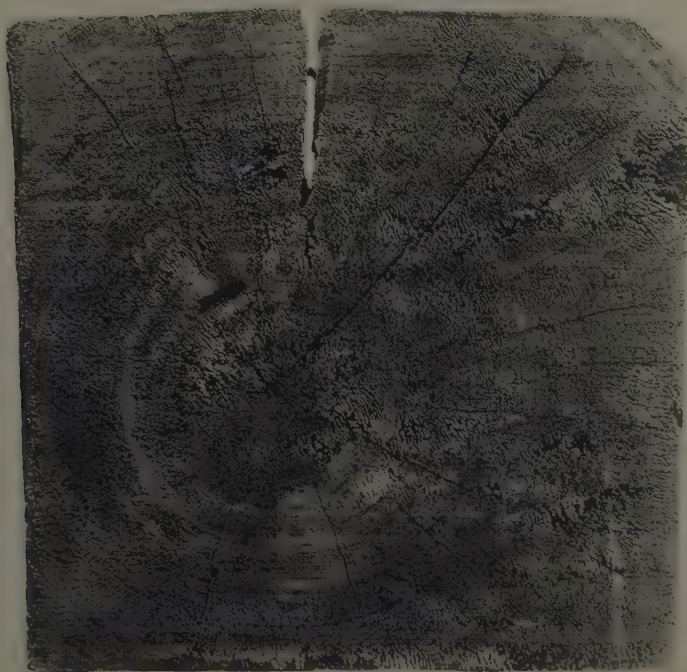


14

SÉRIE B



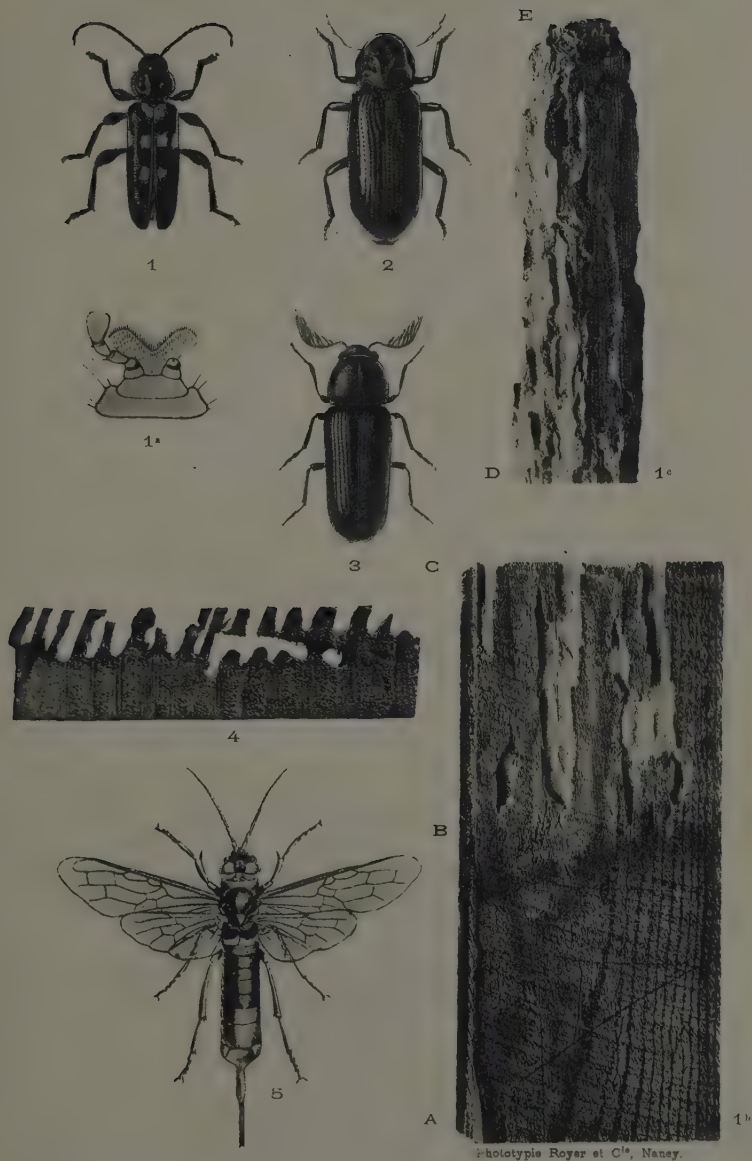
3 bis



3

SÉRIE D

3. Peuplier immergé pendant 24 heures dans l'antinonnine et resté 3 ans dans une galerie de mine de fer oolithique de Lorraine. Surface du cube d'essai. Le bois est intact.
- 3 bis. Après 2 ans de séjour dans la galerie, l'échantillon précédent a été scié en deux ; une moitié (3) est restée en place : l'autre moitié (3 bis) a été exposée seulement un an aux intempéries et son bois est déjà très altéré.



1. Capricorne domestique (*Hylotrupes bajulus* L.). Longueur 17 % en général.

1^a Ses palpes labiaux.

1^a et 1^b Chevron en bois de pin (toiture d'un hangar) en place depuis 15 ans. L'extrémité AB, badi-
geonnée au Carboléum Avenarius, a été, grâce à cet insecticide, épargnée par le
capricorne domestique qui a fait disparaître à l'état de vermoulu presque toute l'extré-
mité DE primitivement de même équarrissage ¹⁶ que la partie AC. Les galeries de
l'insecte en 1^a se sont arrêtées juste à la limite B de la partie carbolinée.

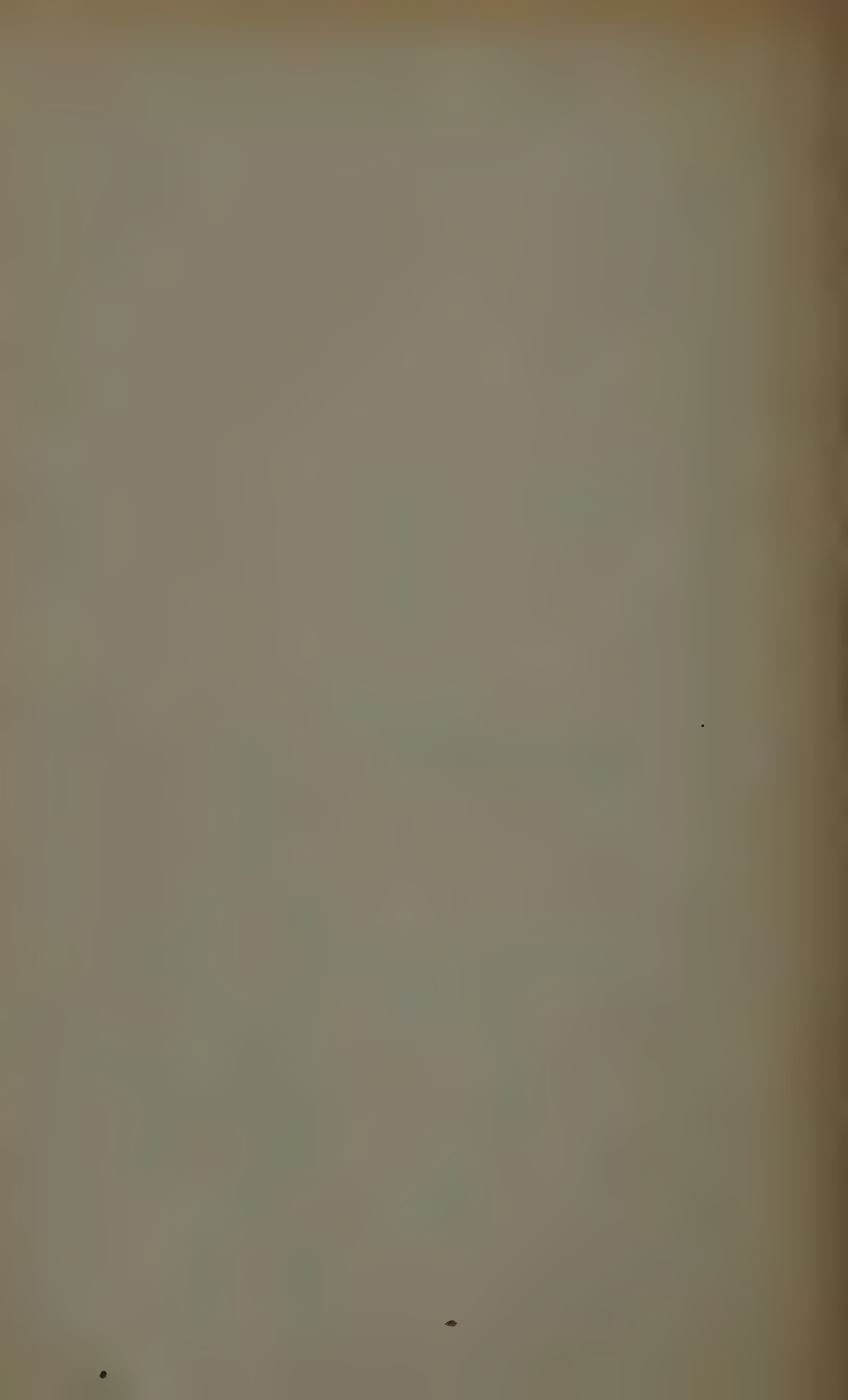
2. Vrillette opiniâtre (*Anobium pertinax* L.). Longueur 6 %.

3. *Ptilinus costatus*. Gyll. ♂. Longueur 4 %.

4. Coupe transversale d'une planche en bois de pin, rongée par les termites, à Bordeaux. Les
insectes, en rongant la face postérieure de la planche, ont respecté les zones dures de
bois d'été.

5. *Sirex géant* (*Sirex gigas* L.). ♀.

Phototypie Royer et C^{ie}, Nancy.



SUR DEUX NOUVEAUX HYBRIDES

ET QUELQUES NOUVELLES

CONTRIBUTIONS A LA FLORE LORRAINE

Par M. PETITMENGIN

× *Iberis Bretonii* Petitmengin (*Iberis amara* × *Violleti*!)

Intermédiaire entre les parents; plante élevée (25-30 centimètres), *fleurs blanches* lavées de violet, semblables à celles de l'*Iberis amara*, *feuilles très nombreuses, rapprochées, charnues* (coriaces sur le sec), *étalées, entières*, si ce n'est quelques feuilles du sommet des rameaux qui présentent une ou deux dents, très écartées et peu profondes.

La plante croît à Saint-Mihiel (Meuse), en compagnie des parents et pêle-mêle avec eux. Elle m'a été envoyée par mon ami M. Breton, le si distingué et érudit botaniste meusien, à qui je suis heureux de la dédier.

Je rappellerai à propos de l'*Iberis Violleti* S. W. qu'il existe, dans la Meuse une variété très curieuse, et qui mérite d'être distinguée par sa remarquable fixité de caractères, à tiges beaucoup plus élevées, simples ou à peine rameuses, à fleurs plus grandes et qui a un aspect tout différent du type; c'est à cette variété que M. Breton, qui l'a discernée le premier, a donné le nom d'*Iberis Doisyi* Breton.

Les hybrides de genres n'étant pas très fréquents, surtout dans la famille des Composées, j'ai cru bon de signaler le suivant à l'attention des botanistes.

Il est des genres où ils s'observent plus fréquemment (*Cratægus* $\times$ *Mespilus*; *Amygdalus* $\times$ *Persica*; *Orchis* $\times$ *Aceras*; *Orchis* $\times$ *Gymnadenia*; *Orchis* $\times$ *Nigritella*; *Festuca* $\times$ *Lolium*, etc., et de nombreux hybrides de genres exotiques); mais, pour les *Synanthérées*, le cas est beaucoup plus rare.

$\times$ *Crepis Garnieri* Petitmengin (*Crepis præmorsa* $\times$ *Hieracium murorum*).

Fleurs en grappe corymbiforme, à rameaux très étalés (comme dans *Hieracium murorum*), une fois et demie plus grandes que celles du *Crepis præmorsa*; feuilles toutes radicales, en rosette, atténuées en un assez long pétiole, très franchement sinuées, dentées (comme dans *Hieracium*).

Toutefois, la plante a les périclines absolument semblables à ceux du *Crepis præmorsa* et, comme lui, est totalement dépourvue des poils noirs, glanduleux, qui sont si abondants sur les calathides du *Hieracium murorum*.

Les achènes sont souvent mal conformés, allongés, cylindriques, jaunâtres, striés longitudinalement.

L'unique échantillon que j'ai observé poussait pêle-mêle au milieu des parents, sur les talus ombragés et humides de la nouvelle route qui conduit de Maxéville à la ferme Saint-Jacques. Sa grappe à rameaux étalés, divariqués, ses feuilles profondément sinuées-dentées, le faisaient prendre de loin pour le *Hieracium murorum*, mais la forme de ses calathides et la disposition de ses bractées involucrales étant nettement celles du *Crepis præmorsa*, il y avait manifestement là un hybride.

Je suis heureux de la dédier à mon ami Jules Garnier, chef de travaux à l'université de Nancy, qui herborise dans nos environs avec tant de zèle depuis plusieurs années déjà.

A la suite de ces deux diagnoses, j'indiquerai quelques localités et plantes nouvelles, récemment observées en Lorraine.

Je dois à mon ami, M. Joigny, instituteur à Bonnefontaine, des indications précieuses que je joins aux miennes.

Calepina Corvini Desv. : moissons de la ferme Saint-Jacques, à Nancy (1907).

Dianthus superbus L. : commun aux environs de Rozelieures (Henry).

Silene pendula L. : moissons de la ferme Saint-Jacques (deux échantillons seulement), originaire de l'Europe orientale.

Stellaria nemorum L. : Bulgnéville (Joigny).

Vicia pisiformis L. : bois entre Ludres et Vandœuvre; assez fréquent (été 1907) [Lay-Saint-Christophe].

Vicia villosa Roth. : moissons à Pouxieux (Joigny).

Rosa psilophila Rau : haies à Ludres.

Rosa cuspidata M. B. : haies à Ludres.

Meum mutellina Gært. : cette espèce des Alpes, indiquée aussi dans le Massif Central (Auvergne), fut retrouvée par Spenner au Feldberg et par Gmêlin au Belchen, dans la Forêt-Noire. Son existence dans les Vosges avait été très contestée et Kirschléger, dans sa *Flore d'Alsace*, I, p. 325, en dit :

« C'est à tort que MM. Zeyher, Koch et Döll indiquent cette plante dans les Vosges (Ballon et vallée de Saint-Amarin) ».

Or, dans une lettre datée du 9 décembre 1906, M. Bonati, de Conflans, m'écrivait :

« La même année (1868, date où notre ami avait rencontré pour la première fois le *Potentilla aurea*), j'ai trouvé le *Meum mutellina* Gært. au Ballon. Cette plante y est déjà indiquée par les anciens; je ne l'y ai pas revue depuis et n'ai pas conservé l'unique échantillon récolté. Je n'affirme donc pas absolument son existence dans les Vosges, mais j'espère la retrouver. »

La recherche de cet élément boréal alpin dans nos Vosges s'impose donc, car, retrouvé par notre érudit collègue et ami, il doit être revu; je recommanderai donc tout spécialement sa recherche aux botanistes, dans la vallée de Saint-Amarin et au ballon de Soultz, versant sud. Nul doute qu'on ne l'y rencontre à nouveau.

Asperula arvensis L. : décombres sous Vandœuvre (Godfrin).

Asperula galioides M. B. : Neufchâteau 1905 (Joigny).

Cette plante mérite qu'on s'y arrête quelque peu; j'extrais de la lettre de M. Joigny le passage suivant :

« Cette espèce nouvelle (¹), je crois, pour la Lorraine, est assez

1. M. Breton l'a trouvée à Foug, près de Toul, il y a quelques années; on l'y rencontre toujours.

abondante sur un talus de la route stratégique, presque à l'endroit où celle-ci rejoint la route de Neufchâteau à Liffol. Trouvée en septembre 1905, je l'y ai revue cette année (1907); elle semble complètement naturalisée. »

Cirsium anglicum D. C. : Aneuménil, près Arches; Liffol-le-Grand, sur le calcaire jurassique (Joigny).

Lysimachia quadrifolia L. : cette belle espèce, originaire de l'Amérique du Nord, forme des touffes très florifères à la limite des moissons et des prairies, derrière la caserne Blandan, à Nancy. Elle paraît tout à fait naturalisée là et s'y propage.

Mimulus propinquus Dougl. : c'est par erreur (1) que j'avais indiqué M. Méline comme l'ayant découvert au Tholy; la priorité de cette découverte revient à M. Joigny (Méline et Joigny *in litt.*).

× *Lamium holsaticum* (*L. albo* × *maculatum*) auct. Austr.
Ludres, entre la gare et le village, parmi les parents.

Utricularia minor L. : Xertigny, étang des Aulnouses (Joigny).

**Alisma natans* L. : dans la Moselle, à Saint-Nabord (Vosges) [Joigny]; « n'a plus été retrouvée à Neufchâteau, malgré d'actives recherches » (Joigny *in litt.*).

Cyperus fuscus L. : Bulgnéville (Joigny).

**Carex cyperoides* L. : Xertigny, étang des Aulnouses (Joigny).

**Carex pseudo-cyperus* L. : étang de Bulgnéville (Joigny).

Carex filiformis L. : Aneuménil, près Arches (Joigny).

Nardurus Lachenalii Godron : Arches, Pouxoux (Joigny).

**Pilularia globulifera* L. : étang de Bulgnéville (Joigny).

(1) *Bull. Soc. Sc. Nancy*, série III, tome VII, fascicule III (1906), p. 213.

ÉTUDE

DES

PLANTES VASCULAIRES RÉCOLTÉES EN GRÈCE

(1904)

Par R. MAIRE et PETITMENGIN

INTRODUCTION

Ce fascicule contient l'énumération raisonnée des plantes vasculaires récoltées en Grèce en 1904, au cours du premier voyage effectué par M. R. MAIRE en Orient. Les récoltes ont été faites principalement dans les massifs montagneux de la Phocide (monts Parnasse [2 459 mètres] et Ghiona, Γκιόνα [2 512 mètres]) au mois d'août, puis dans le Péloponèse au mois d'octobre, au cours d'excursions consacrées plus spécialement à l'étude des champignons.

Les plantes ont été classées d'après l'ouvrage le plus complet et le plus récent sur la flore de Grèce, le *Conspectus Floræ Græcæ* d'E. DE HALÁCSY, dans lequel le lecteur trouvera la bibliographie complète de la flore grecque jusqu'en 1904. Nous nous contenterons donc de donner ici la liste des publications parues sur la flore grecque depuis 1904.

- 1904. J. DÖRFLER, Bericht über eine botanische Forschungsreise durch Kreta, *Cest. Bot. Zeitschr.*, 1904, p. 457
- 1904. E. DE HALÁCSY, Novitäten aus der griechischen Flora, *Verh. d. K. K. zool. bot. Ges. Wien*, 1904, p. 483.
- 1904. BEHRENDSEN, Zwei neue Alectorolophus-Formen, *Allgem. Bot. Zeitschr.*, X, p. 25.
- 1905. J. DÖRFLER, Mitteilungen aus der Flora Kretas, *Verh. d. K. K. zool. bot. Ges. Wien*, 1905, p. 17.
- 1905. E. DE HALÁCSY, Ueber die Entdeckung von *Solenanthus Tournefortii* D. C. in Europa, *Magyar Botanikai Lapok*, 1905, p. 259.
- 1906. E. DE HALÁCSY, Aufzählung der von Herrn Prof. Dr L. ÁDAMO-VITCH im Jahre 1905 auf der Balkanhalbinsel gesammelten Pflanzen, *Cesterr. Bot. Zeitschr.*, 1906, nos 5 et 6.

Nous employons, pour désigner les zones ou régions déterminées sur les flancs des montagnes par les changements de végétation, le nom d'étages, qui à notre avis présente l'avantage de ne prêter à aucune confusion. Les auteurs ont en effet employé les mots *zone* et *région* dans des sens très différents⁽¹⁾. Le mot *étage* n'est employé qu'en géologie dans un sens tout différent et en botanique forestière dans un sens bien spécial (étage dominant, étage dominé). Ce mot ne paraît donc présenter aucune amphibologie. On peut, comme l'a proposé M. FLAHAULT, employer le mot *horizon* pour désigner les subdivisions des étages.

Dans les montagnes du Parnasse et du Ghiona, nous distinguons les étages suivants : étage méditerranéen (en moyenne de 0 à 1 000 mètres); étage silvatique (en moyenne de 1 000 à 1 800 mètres); étage subalpin (en moyenne de 1 800 à 2 200-2 300 mètres); étage alpin (au-dessus de 2 200-2 300 mètres).

L'étage méditerranéen comprend un horizon inférieur ou des plaines et collines et un horizon supérieur ou montagneux : le premier caractérisé par les maquis à *Pistacia lentiscus*, les phrygana à *Poterium spinosum*; le second par les forêts de *Quercus pubescens* ou *conferta*, les pseudo-maquis de *Quercus coccifera*, *Phillyrea*, *Juniperus Oxycedrus*, les phrygana de *Genista acanthothamnos*.

L'étage silvatique est essentiellement caractérisé par les forêts de sapins (*Abies cephalonica*) et la disparition de la culture de la vigne. Son horizon inférieur présente encore de nombreux éléments méditerranéens (*Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*), tandis que son horizon supérieur montre déjà de nombreuses espèces subalpines (*Daphne oleoides*, *Marrubium velutinum*, *Astragalus*, etc.).

L'étage subalpin est caractérisé par les broussailles basses de *Daphne oleoides*, *Juniperus communis* var. *hemisphaerica*, *Prunus prostrata*, *Rhamnus prunifolia*, *Astragalus rumelicus*, etc.

L'étage alpin ne présente plus guère que des pâturages rocaillieux formés de touffes plus ou moins distantes de *Festuca varia*, entremêlées de plantes en coussinet (*Alsine parnassica*, *Astragalus angustifolius*, *Acantholimon Echinus*, etc.).

1. Cf. FLAHAULT, « Projet de nomenclature phytogéographique » (*Actes du Congrès international de botanique de Paris, 1900*).

Les indications telles que 12/8, 6/8, qui suivent chaque mention de localité, se rapportent à la date de récolte. Les numéros sont ceux de la collection amassée en Grèce et en Asie Mineure en 1904, dont les étiquettes portent le titre suivant : « R. MAIRE, *Mission botanique en Orient*, 1904. » De nombreuses espèces ont été distribuées à divers herbiers avec ces étiquettes numérotées. La collection à peu près complète, pour les plantes vasculaires, est déposée dans l'herbier de la faculté des sciences de l'université de Nancy.

Les indications sans numéro de récolte se rapportent aux plantes notées sur place, mais non recueillies.

Nous donnons pour chaque plante l'indication de sa description, dans le *Conspectus Floræ Græcæ* de HALÁCSY, au moyen de l'abréviation suivante ; Hal. Consp. suivie d'un chiffre romain désignant le volume (I, II ou III) et d'un chiffre arabe se rapportant à la page.

Nous sommes heureux de témoigner ici notre reconnaissance à M. E. DE HALÁCSY, qui a bien voulu mettre sa longue expérience et sa documentation immense à notre disposition, en revisant nos récoltes, rectifiant un certain nombre de déterminations et nous donnant son avis sur les espèces critiques. Nous ne saurions oublier MM. ARVET-TOUVET, BUSER et CHABERT, qui ont bien voulu nous faire profiter de leur expérience de monographes pour l'étude des *Hieracium*, *Alchemilla*, *Euphrasia*, et enfin MM. BARBEY et BEAUVERD, à la bienveillance desquels nous devons d'avoir pu comparer plusieurs de nos récoltes avec les types de BOISSIER.

Conventions orthographiques pour la transcription des noms grecs

Les noms grecs de localités sont transcrits en général en caractères romains lorsqu'ils sont cités dans des travaux botaniques ou géographiques publiés en français, en anglais, en allemand ou en italien. Ces transcriptions plus ou moins phonétiques sont très variables, ce qui n'aurait pas d'inconvénient si chaque auteur indiquait ses conventions de transcription. C'est pourquoi nous donnons ci-dessous un tableau des conventions que nous adopterons dans le cours de ce fascicule et des fascicules suivants, pour la transcription des mots grecs.

Tableau des conventions orthographiques

Lettres grecques	Lettres romaines employées pour la transcription	Observations
α	a	
β, β	v	
γ	g	Prononcé <i>i</i> consonne (comme <i>y</i> dans yatagan), devant <i>e, y, i, ai</i> ; prononcé γ (son spécial n'existant pas en français) devant <i>a, o, ou</i> .
δ	dh	Prononcé à peu près comme <i>th</i> anglais doux, sauf après <i>v</i> où il se prononce comme <i>d</i> français.
ε	e	
ζ	z	
η	i	
θ	th	Prononcé comme <i>th</i> anglais dur, sauf après un son <i>f</i> ou <i>s</i> (ελεύθερος, ασθενής), où il se prononce comme <i>t</i> .
ι	i	
κ	k	
λ	l	
μ	m	
ν	n	
ξ	x	
ο	o	
ρ	r	
σ, σ	s	
τ	t	
υ	y	
φ	ph	
χ	kh	Prononcé devant <i>a, o, ou</i> à peu près comme le <i>j</i> espagnol ou le <i>ch</i> allemand dans Bach, devant <i>e, ai, i, y</i> , comme <i>ch</i> allemand dans ich.
ψ	ps	
ω	o	
γγ	ng	Prononcé <i>ny</i> , même devant <i>e, y, i, ai</i> .
γκ initial	qh	Prononcé <i>g</i> dur français, comme dans gare.
γκ	nkh.	
γκ	nx	
γκ médian	ng	Prononcé <i>n + g</i> dur français devant <i>a, e, i, o, ou, y, ai</i> .
ει	i	
αι	ai	Prononcé comme <i>ai</i> en français dans aimer.
οι	i	
υι	y	Exemple : Άγυια, Agya.
ευ	ef ou ev	Suivant la consonne qui vient après, <i>ev</i> devant toutes les voyelles.
αυ	av ou af	Même remarque que pour <i>ev</i> et <i>ef</i> .
ου	ou	
μπ initial	b	
μπ médian	mb ou b	Suivant la prononciation; exemple : Καλαμπάκα = Kalabaka, Τέμπη = Tembi.
ντ initial	d	Prononcé comme <i>d</i> français.
ντ médian	nd ou d	Suivant la prononciation, <i>cf.</i> μπ.

Les esprits et l'accent tonique ne seront pas transcrits. Pour les mots classiques devenus français et connus de tous, tels que Péloponèse, Athènes, Béotie, Thessalie, nous les emploierons tels quels sans nous préoccuper de leur orthographe ni de leur prononciation grecques.

Enfin, pour les noms écrits en caractères grecs, nous supprimerons les esprits, qui n'ont plus aucune signification aujourd'hui, tout en gardant les accents toniques aigu, grave et périspomène. Exemples : Ζαγορά, Δάρια, γυναίκα, etc.

Énumération des espèces récoltées

Ranunculus oreophilus M. B., Hal. Consp. I, 21.

Ghiona, rochers calcaires humides de l'étage silvatique, près de la fontaine de Platylithos, 1 400-1 500 mètres, 11/8, n° 300.

Var. **villifrons** Hal.; Hal. Consp. I, 21.

Ghiona, creux à neige sur le cône terminal, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 351. — Ghiona, creux à neige sur le cône terminal, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 1082 (forma indumento parciore ad var. Sartorianum Boiss. et Heldr. [pro sp.] vergente).

Ranunculus demissus D. C. var. **hellenicus** Hal. Consp. I, 22.

Ghiona, creux à neige, rochers calcaires alpins, vers 2 300-2 400 mètres, 12/8, n° 370.

Ranunculus brevifolius Ten., Hal. Consp. I, 14.

Ghiona, éboulis calcaires sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 100 mètres, 12/8, n° 323. N'était pas encore indiqué dans le massif du Ghiona.

Helleborus odorus Kit. subsp. **cyclophyllus** (A. Br.) Hal., Maire et Petitmengin comb. nov., Hal. Consp. I, 29.

Ghiona, forêts de sapins sur les schistes, au-dessus de Sykia, 1 500 mètres, n° 1026.

Aquilegia Amaliæ Heldr., Hal. Consp. I, 30.

Ghiona, rochers calcaires humides exposés au nord-est dans les gorges au-dessus de Segditsa, près de la fontaine de Platylithos, 1 400 mètres, 11/8, n° 308 (en fruits).

Les descriptions de Heldreich, Boissier et Halácsy ne parlent pas des fruits, la plante n'ayant été jusqu'alors récoltée qu'en fleurs; voici la description des fruits, d'après les exemplaires ci-

dessus : *Folliculis apice extrorsum curvulis, stylo persistenti auctis, pubescentibus*, $1\frac{1}{4}$ - $1\frac{3}{4}$ cm longis; *seminibus levibus, nigris, oblongo-linearibus triquetris, basi attenuatis*.

Delphinium junceum D. C., Hal. Consp. I, 32.

Parnasse, champs sur les schistes et les calcaires, à Arakhova, 900 mètres, 3/8, n° 3.

Papaver Rhæas L. var. *oblongatum* Boiss., Hal. Consp. I, 38.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 1 100 mètres, 6/8, n° 1024.

Arabis bryoides Boiss., Hal. Consp. I, 54.

Ghiona, rochers calcaires subalpins et alpins, 1 800-2 500 mètres, 12/8, n° 329.

Arabis caucasica Willd., Hal. Consp. I, 54.

Ghiona, creux à neige, rocailles calcaires, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 344.

Cardamine hirsuta L., Hal. Consp. I, 56.

Var. *unicaulis* Schulz! Mon. Cardamine, in Engl. Bot. Jahrb, XXXII, p. 471 (1903).

Habitu foliisque, imprimis radicalibus sæpe integris C. resedifoliam simulat; sed radice annua, seminibus ellipticis, luteis, bruno-marginalis nec alatis ad C. hirsutam accedit.

Ghiona, rochers calcaires humides, près de la fontaine de Platyliothos, 1 400 mètres, n°s 263 et 362.

OBSERVATION. — Notre plante est absolument conforme aux spécimens de l'herbier Boissier déterminés par SCHULZ.

Erysimum cuspidatum M. B., Hal. Consp. I, 68.

Ghiona, sur les schistes, près des bergeries de Karvouni, 1 900 mètres, 11/8, n° 275. Non encore indiqué dans le massif du Ghiona.

Sisymbrium orientale L. var. *macroloma* Pomel, Hal. Consp. I, 69.

Phocide, décombres à Delphes, 3/8, n° 37.

Wilckia bicolor (Boiss. et Heldr.) Hal. var. *veluchensis* (Boiss. et Heldr.), Hal. Consp. I, 76.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 11/8, n°s 245 et 364.

Aubrietia intermedia Heldr. et Orph., Hal. Consp. I, 84.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines, 1800-2000 mètres 6/8, n° 103.

Alyssum saxatile L., Hal. Consp. I, 90.

Phocide : Delphes, rochers calcaires, 500-800 mètres, 3/8, n° 43.

Roripa silvestris (L.) Bess., Hal. Consp. I, 103.

Parnasse, fossés et lieux inondés l'hiver, au Livadhi, 6/8, n° 1085.

Thlapsi perfoliatum L., Hal. Consp. I, 109.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines, haut plateau de l'Ano-Koukos, 2100 mètres, 12/8, n° 322.

Æthionema græcum Boiss. et Heldr., Hal. Consp. I, 110.

Laconie, rochers calcaires, dans la Langada de Trypi, 500 mètres, 24/10, n° 874.

Var. *glaucescens* Hal. et de Heldr., Hal. Consp. I, 111.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, rocailles calcaires, vers 2150 mètres, 12/8, n° 315.

Lepidium graminifolium L., Hal. Consp. I, 114.

Phocide, très abondant dans les ruines de Delphes, 3/8, n° 36.

Capsella bursa-pastoris (L.) Mœnch. var. *rubella* (Reut.), Hal. Consp. I, 115.

Parnasse, rocailles calcaires, près des bergeries dites Στρούγγα τοῦ Δαζάρου et Στρούγγα τοῦ Γερωντοδράχου, 2000-2200 mètres, 6/8, n° 62.

Cistus parviflorus Lamk., Hal. Consp. I, 128.

Attique, rocailles calcaires, près de Marousi, 200-300 mètres, 31/10, n° 906.

Cistus incanus L. var. *villosus* L. (pro sp.), Hal. Consp. I, 127.

Phocide, broussailles sur les schistes, près du monastère d'Agios-Ilias, entre Amphissa et Delphes, 300-450 mètres, 14/8, n° 269.

Fumana thymifolia L. var. *viridis* Bald., Hal. Consp. I, 136.

Phocide, roches Phœdriades, près Delphes, 600 mètres, calcaire, 3/8, n° 197.

× *Viola permixta* Jord., Obs. fragm. 7, p. 6. — *V. hirta* × *odorata* auct. plur.

Taygète (ORPHANIDIS, 1868). Nous avons trouvé plusieurs beaux spécimens de cet hybride, fixé dans l'herbier Orphanidis au musée d'Athènes. Ces spécimens étaient restés indéterminés, et le *V. permixta* n'avait pas encore été indiqué en Grèce.

Heliosperma pudibundum Hoffmannsegg in Rehb., Hal. Consp. I, 152.

Ghiona, rochers calcaires humides des gorges de l'étage silvatique, au lieudit *Platyolithos*, 1 400 mètres, 11/8, n^{os} 307 et 226.

Silene auriculata S. et Sm., Hal. Consp. I, 157.

Ghiona, rochers calcaires dans les gorges de l'étage silvatique, au lieudit *Platyolithos*, 1 400 mètres, 11/8, n^o 357.

Ibidem, rochers calcaires alpins, 2 200 mètres, 12/8, n^o 247.

Silene cæsia Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 158.

Ghiona, éboulis et graviers calcaires de 600 à 2 000 mètres, 11/8, n^o 290.

Silene venosa (Gilib.) Ascherson var. *megalosperma* (Sart.), Hal. Consp. I, 160.

Silene inflata var. *microphylla* Boiss.

Ghiona, creux à neige, rochers calcaires, vers 2 300 mètres, 12/8, n^o 346.

Silene saxifraga L. var. *parnassica* (Boiss. et Spr.), Hal. Consp. I, 169.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, creux de rochers et « *katavothra* » de la vallée fermée dite *Μακρή Λάκκη* (Makri-Laka), 2 050 mètres, calcaire, 12/8, n^o 327.

Ibidem, creux à neige sur le cône terminal, calcaire, 2 300 mètres, 12/8, n^o 1051.

Silene radicata Boiss., Hal. Consp. I, 179.

Parnasse, pelouses rocailleuses des étages subalpin et silvatique supérieur, 1 800 mètres, 6/8, n^o 142.

Silene congesta S. et Sm., Hal. Consp. I, 185.

= *S. delphica* Boiss.

Phocide, rochers calcaires, parmi les ruines de Delphes, 500-600 mètres, 3/8, n^o 34.

Drypis spinosa L., Hal. Consp. I, 186.

Ghiona, graviers calcaires au bord du torrent, dans les gorges au-dessus de Segditsa, 600-800 mètres, 11/10, n° 1048. C'est la station la plus basse où cette plante ait été rencontrée : elle descend à cette altitude à la faveur de la fraîcheur des gorges où ses graines sont charriées par les eaux.

Parnasse, éboulis et graviers calcaires de 2 250-2 450 mètres, 6/8, n° 58.

Tunica armerioides Ser., Hal. Consp. I, 194.

Phocide, rochers calcaires à Delphes, 3/8, n° 41.

Dianthus ventricosus Heldr., Hal. Consp. I, 204.

= *D. hæmatocalyx* var. *alpinus* Boiss. = *D. Sibthorpianus* Vierh.

Parnasse, rocailles subalpines et alpines, 1 900-2 400 mètres, 6/8, n° 52.

Dianthus Samaritanii Heldr., Hal. Consp. I, 213.

Parnasse, rocailles calcaires des étages silvatique supérieur et subalpin, 6/8, n° 81.

Cerastium tomentosum L., Hal. Consp. I, 220.

Parnasse, rocailles calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 100-2 200 mètres, 6/8, n° 158.

Cerastium lanigerum Clem. var. *decalvans* Schloss. et Wuk., Hal. Consp. I, 221.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines et alpines, 1 800-2 400 mètres, 6/8, n° 1131.

Arenaria græca Boiss., Hal. Consp. I, 232.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 400-1 900 mètres, 11/8, n° 285.

Alsine stellata Clarke, Hal. Consp. I, 238.

= *A. lanceolata* S. et S. = *A. parnassica* Boiss.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines et alpines, 2 000-2 450 mètres, 6/8, n° 53.

Alsine verna L., Hal. Consp. I, 240.

Parnasse, dans les touffes d'*Astragalus*, de 1 400 à 1 800 mètres, 6/8, n° 164.

Var. *Gerardi* (Willd.) M. et K., Hal. Consp. I, 241.

Ghiona, rocailles calcaires, près du sommet, 2 500 mètres, 12/8, n° 340.

Sagina procumbens L., Hal. Consp. I, 246.

Ghiona, bords des ruisselets sur les schistes, près des bergeries de Karvouni, 1 900 mètres, 11/8, n° 276.

Gossypium herbaceum L., Hal. Consp., 262.

Béotie : Levadhia (Livadie), cultivé en grand dans les terrains asséchés du lac Kopais, 2/8, n° 9.

Malva ambigua Guss., Hal. Consp. I, 271.

Phocide, champs et rocailles calcaires, entre Delphes et Arakhova, 700-800 mètres, 3/8, n° 14 (*forma microphylla*). N'était encore connue que dans l'île d'Ios, une des Cyclades.

Hypericum Apollinis Boiss. et Heldr., Hal. Consp. I, 277.

Parnasse, rocailles calcaires, près de l'Antre Corycien (Saran-davli), 1 200-1 300 mètres, 5/8, n° 153.

Hypericum crispum L., Hal. Consp. I, 283.

Phocide, sur les calcaires et les schistes, entre Delphes et Arakhova, 500-1 000 mètres, 3/8, n° 6.

Hypericum empetrifolium Willd., Hal. Consp. I, 284.

Attique, rocailles calcaires, entre Marousi et le monastère de Mendéli, 31/10, n° 910.

Acer creticum L., Hal. Consp. I, 288.

Laconie, rochers schisteux du Taygète, entre Anogia et Boliana, 200-1 000 mètres, 21/10, n° 869.

Cet arbuste est nommé dans le Taygète : σφεντάρι ou σφεντάμνι.

Acer monspessulanum L., Hal. Consp. I, 287.

Forêts dans la gorge dite Reka, en montant de Segditsa au Ghiona, sur les rochers calcaires vers 800 mètres, 11/8.

Geranium subcaulescens L'Hérit., Hal. Consp. I, 292.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines et alpines, de 1 850 à 2 400 mètres, 6/8, n° 98.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines et alpines, de 1 900 à 2 400 mètres, 12/8.

Geranium macrorrhizum L., Hal. Consp. I, 292.

Parnasse, rochers calcaires des forêts de sapins, 1 700-1 800 mètres, 6/8, n° 106.

Geranium lucidum L., Hal. Consp. I, 300.

Taygète, lieux humides sur les schistes, à Boliana, 800 mètres, 20/10, n° 870.

Erodium chrysanthum L'Hér., Hal. Consp. I, 307.

= *E. absinthoides* S. et Sm. non L'Hér.

Parnasse, pelouses et rocailles calcaires arides près d'Elaphokastro⁽¹⁾, 1 200 mètres, 7/8, n° 191. Déjà indiqué par HELDREICH, sur le Parnasse, « in regione abietina supra Delphos » (in herb. BOISSIER). C'est la station la plus basse connue de cette espèce, qui d'ordinaire est subalpine ou même alpine.

Biebersteinia Orphanidis Boiss., Hal. Consp. I, 308.

L'indication du lieu où a été trouvée cette plante, sur le mont Ziria (Kyllini, Κυλλίνη), est erronée dans HALÁCSY, l. c., et dans BOISSIER, Diagn. sér. II, I, p. 114. Ces deux auteurs indiquent en effet la plante *in vallecula sicca ad meridiem spectante loco τοῦ ποταμοῦ ο ὄχθος dicto*. Ces mots : τοῦ ποταμοῦ ο ὄχθος n'ont aucun sens par eux-mêmes et nous avaient toujours intrigué. Ayant eu l'occasion de voir dans l'herbier Boissier de superbes spécimens de *Biebersteinia Orphanidis*, l'étiquette originale d'ORPHANIDIS nous a donné l'explication de cette désignation incompréhensible. ORPHANIDIS nomme le lieu où il a trouvé sa plante τοῦ ποταμοῦ ο ὄχθος, soit « l'escarpement de l'oiseau ». Ces mots sont écrits sur l'étiquette en cursive grecque moderne, peu connue en général des Occidentaux, ce qui explique l'erreur de transcription commise par BOISSIER et, après lui, par HALÁCSY.

Ruta graveolens L. var. *divaricata* Ten., Hal. Consp. I, 311.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 650 mètres, 5/8, n° 375.

Paliurus australis Gærtn., Hal. I, 314.

= *P. aculeatus* Lamk.

1. Ce nom d'Elaphokastro (Ελαφόκαστρο, le château du cerf) désigne, sur la carte française au 200 000^e, les ruines d'une tour en pierres sèches, couronnant un mamelon du premier plateau du Parnasse, qui domine la crête rocheuse de Delphes à Arakhova. La même localité est appelée, par HELDREICH, Leskokastro (Λευκόκαστρο, le château blanc); enfin, actuellement, les indigènes, probablement sous l'influence des instituteurs, prétendent que ces termes ne sont que des corruptions de Delphokastro (Δελφοκαστρο, le château de Delphes), et tendent à employer ce dernier vocable. Il nous a paru utile d'indiquer ces variantes, qui pourraient déconcerter les botanistes venant pour la première fois au Parnasse, surtout lorsqu'ils sont peu familiarisés avec la langue du pays.

Béotie : broussailles près d'Agios-Vlasios, calcaire, 200-250 mètres, 2/8, n° 7.

Rhamnus rupestris Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 316.

Ghiona, rochers calcaires des gorges de l'étage silvatique, au-dessus de Segditsa, 1 200 mètres, 11/8, n° 286. N'était pas encore signalé dans le massif du Ghiona.

Rhamnus prunifolia Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 318.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines, 1 800-2 000 mètres, 11/8, n° 255.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines, 1 800-1 900 mètres, 6/8, n° 88.

Rhamnus oleoides L. var. *obovata* Hal. Consp. I, 320.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 650 mètres, 4/8, n° 45.

Rhamnus Alaternus L., Hal. Consp. I, 321.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 700 mètres, 7/8, n° 192.

Rhus coriaria L., Hal. Consp. I, 322.

Phocide, champs incultes et broussailles sur les schistes, près de Segditsa, 800 mètres, 10/8, n° 277. Vulg. πούδι.

Genista acanthoclada D. C., Hal. Consp. I, 329.

Arcadie, sur les schistes dans les montagnes, entre Tripolis et Sparte, 20/10, n° 880.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 600-1 000 mètres, 5/8, n° 1052.

Ononis antiquorum L. var. *glandulifera* Hal. Consp. I, 349.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 1 100 mètres, 6/8, n° 176.

Medicago falcata L., Hal. Consp. I, 357.

Parnasse, champs et lieux incultes au Livadhi, 6/8, n° 196.

Medicago arborea L., Hal. Consp. I, 357.

Phocide, Delphes, rocailles calcaires vers 600 mètres, parmi les *Quercus coccifera*, 5/8, n° 376.

Trifolium alpestre L. var. *incanum* Ces. in Griseb., Hal. Consp. I, 377.

Ghiona, rocailles calcaires du versant O., vers 1 700 mètres,

11/8, n° 230. Nouveau pour le massif du Ghiona, qui constitue sa station la plus méridionale.

Trifolium pratense L., Hal. Consp. I, 379.

Ghiona, pâturages humides subalpins, au-dessus des bergeries de Karvouni, sur les tufs ophitiques et les schistes, 1 850-1 900 mètres, 11/8, n° 317 (*forma nana alpina*).

Trifolium Parnassi Boiss. et Spr., Hall. Consp. I, 400.

Parnasse, dans les pelouses alpines et subalpines, sur le calcaire, 1 800-2 300 mètres, 6/8, n° 76. Forme le principal élément des pelouses rases qui se développent sur la terre argileuse remplissant les fonds de ravins et les dépressions. Ghiona, pelouses subalpines et alpines, sur les schistes et les calcaires, 1 900-2 300 mètres.

Anthyllis Hermanniae L., Hal. Consp. I, 408.

Phocide, maquis sur les schistes, près du monastère d'Agios-Ilias, 300-400 mètres, 14/8, n° 240.

Lotus corniculatus L., Hal. Consp. I, 420.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 1 150 mètres, 7/8, n° 195.

Var. **stenodon** Boiss., Hal. Consp. I, 421.

Parnasse, grèves exondées du lac Zouvala, 1 120 mètres, 5/8, n° 161.

Ghiona, pelouses subalpines, surtout sur les schistes et les tufs ophitiques, 1 900-2 000 mètres, 12/8, n° 339.

Parnasse, pelouses subalpines, 1 800 mètres, 6/8, n° 123.

Colutea arborescens L., Hal. Consp. I, 426.

Phocide, maquis sur les schistes, près du monastère d'Agios-Ilias, entre Delphes et Amphissa, 300-450 mètres, 14/8, n° 235.

Astragalus angustifolius Lamk., Hal. Consp. I, 435.

Parnasse, rocailles calcaires de 1 800 à 2 300 mètres, 6/8, n° 51.

Astragalus creticus Lamk. subsp. **rumelicus** (Bunge) Maire comb. nov.

A. rumelicus Bunge, Astrag. 137; Hal. Consp. I, 436.

A. creticus Lamk. var. *rumelicus* Bald., Riv. coll. bot. Alban, 1895, p. 27.

Rocaillies calcaires des zones silvatique supérieure et alpine du Parnasse, 1 600-2 000 mètres, 6/8, n° 159.

OBSERVATIONS. — Les différences entre l'*Ast. creticus* et l'*Ast. rumelicus* ne sont pas suffisantes pour les distinguer spécifiquement; il y a là seulement deux sous-espèces, l'une crétoise, qui constitue le type de l'espèce, ayant été plus anciennement décrite, et l'autre continentale.

Coronilla emeroides Boiss., Hal. Consp. I, 446.

Parnasse, rocailles calcaires de 500 à 1 300 mètres, 5/8, n° 163 et 378.

Amygdalus communis L., Hal. Consp. I, 497.

Doride, broussailles et forêts de la vallée du Morno-Potamos, entre Lefkadhiti et Lidhoriki, 600-800 mètres, 13/8, n° 1096. Cet arbuste présente dans cette vallée toutes les apparences de la spontanéité. Vulg. (α)μυγδαλιά.

Prunus prostrata Labill. var. *discolor* Raul., Hal. Consp. I, 499.

Parnasse, rocailles calcaires des zones silvatique supérieure et subalpine, 1 700-1 900 mètres, 6/8, n° 86.

Ghiona, rocailles calcaires, sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 000 mètres, 12/8.

Prunus Mahaleb L., Hal. Consp., 498.

Forêts des montagnes calcaires, entre Lidhoriki et Karoutes, vers 900 mètres, 14/8.

Prunus pseudarmeniaca Heldr. et Sart., Hal. Consp. I, 500.

Parnasse, étage silvatique inférieur, près du lac Zouvala, 1 100 mètres, 5/8, n° 120.

Forêts de sapins du mont Elatos, entre Lidhoriki et Amphissa, principalement dans la plaine fermée désignée sous le nom de Kardhianous Kambous par la carte française au 200 000^e, 1 000-1 500 mètres, 14/8. Vulg. άγρια κουρουμηλιά.

Potentilla pedata Willd., Hal. Consp. I, 509.

Parnasse, dans les touffes d'*Astragalus* et de *Daphne* de l'étage subalpin, 6/8, n° 132.

Ghiona, dans la « katavothra » de Makri-Laka, sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, calcaire, 2 050 mètres, 12/8, n° 328.

Potentilla reptans L., Hal. I, 512.

Doride, rochers schisteux suintants, à Sykia, au pied du Ghiona, 1 200-1 500 mètres, 13/8, n° 234.

Potentilla speciosa Willd., Hal. Consp. I, 513.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karyouni, 1 800-1 900 mètres, 11/8, n° 334.

Var. *minor* Lehm., Rev. Pot., 141 (1856).

P. poetarum Boiss., Diagn. Fl. Or., III, 3.

Ghiona, rochers calcaires subalpins et alpins, 2 000-2 400 mètres, 12/8, n° 267.

Potentilla apennina Ten. subsp. *kionæa* Maire et Petitmengin comb. nov.; *P. kionæa* Hal. Consp. I, 513.

Ghiona, rochers calcaires alpins, au sommet, où il est très localisé, 2 500-2 512 mètres, 12/8, n° 355.

Cette plante est extrêmement voisine du *P. apennina*, dont elle n'est qu'une sous-espèce géographique à fleurs rouges.

Rosa glutinosa Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 522.

Parnasse, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 800 mètres, 6/8, n° 89.

Rosa canina L. subsp. *dumetorum* Thuill. (pro specie); Hal. Consp. I, 529 (pro specie).

Béotie, sur les schistes, à Arakhova, 900 mètres, 3/8, n° 4.

Alchemilla acutiloba Stev., Hal. Consp. I, 534.

Var. *inæquidens* Buser (*teste* BUSER).

Ghiona, rochers calcaires humides dans les gorges de l'étage silvatique, près de la fontaine de Platylithos, 1 400 mètres, 11/8, n° 298.

Alchemilla alpina L. subsp. *amphisericea* (Buser) var. *amphiar-gyrea* (Buser) Maire et Petitmengin, comb. nov. = *A. amphiar-gyrea* Buser, in Bull. Herb. Boiss., 1902, p. 623 (*teste* BUSER!).

Ghiona, creux à neige sur le col terminal, dans les fissures de rochers calcaires, 2 300-2 400 mètres, 12/8, n° 325.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, vallée fermée dite Makri-Laka, dans la « katavothra » et dans les fentes des rochers avoisinants, 2 050 mètres, 12/8, n° 439.

N. B. — L'*Alchemilla alpina* L. n'était pas connue en Grèce d'une façon certaine; SIBTHORP et SMITH l'indiquent vaguement en Laconie, où personne ne l'a revue. La plante du Ghiona est la même que celle des Alpes Dinariques (Bosnie et Herzégovine),

qui elle-même n'est qu'une variété de l'*A. amphisericea* Buser, répandue dans les chaînes calcaires des Alpes, du Rhin au Léman, et dans le Jura.

Poterium spinosum L., Hal. I, 537.

Phocide, rocailles calcaires à Khryso, 300-400 mètres, où il forme l'élément principal de l'association des « Phrygana », n° 227. Vulg. αφάνα.

Pirus amygdaliformis Vill., Hal. Consp. I, 539.

Parnasse, étage silvatique inférieur, 1000-1300 mètres, 6/8, n° 151. Vulg. Άγρια αχλαδιά.

Sorbus Aria L. subsp. *græca* Heldr. (pro sp.), var. *umbellata* Desf. (pro sp. Cratægi). *S. Aria* L. δ *umbellata* Hal. Consp. I, 541.

Ghiona, gorges de l'étage silvatique au-dessus de Segditsa, sur les rochers calcaires au lieu-dit Platylithos, 1300-1500 mètres, 11/8, n° 242.

N. B. — Le *S. græca* Heldr. doit être considéré comme une sous-espèce régionale du *S. Aria*, au même titre que l'Alisier de Fontainebleau, *S. latifolia* Pers. et le *S. scandica* Fr. Les variétés *umbellata* et *meridionalis* Guss. (pro sp.) passent l'une à l'autre par une série d'intermédiaires.

Cotoneaster tomentosa Ait., Hal. Consp. I, 543.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 11/8, n° 304.

Cratægus orientalis Pall. var. *flabellata* Boiss., Hal. Consp. I, 545.

Parnasse, étage silvatique inférieur, autour du Livadhi, 1000-1500 mètres, 6/8, n° 189. Vulg. γλοντσιά.

Epilobium lanceolatum Seb. et Maur., Hal. Consp. I, 554 ?

Ghiona, rochers calcaires humides, à Platylithos, 1400 mètres, 12/8, n° 252. Nos spécimens sont à peine fleuris et à demi dévorés, ce qui rend la détermination douteuse.

Epilobium angustifolium L. (excl. var. γ), Hal. Consp. 551; *E. spicatum* Lamk.

Ghiona, rochers calcaires humides au-dessus de la fontaine de Platylithos, 1400 mètres, 11/8. La plante était inaccessible, mais parfaitement reconnaissable, étant en pleine floraison; la

station de *Platylithos* est certainement le point le plus méridional atteint en Grèce par cet *Épilobe*, qui n'était guère connu que dans les montagnes du nord (Olympe et Pélion).

Lythrum flexuosum Lag., Hal. Consp. I, 561.

Béotie, ruisselets sur les schistes, à Arakhova, 800-900 mètres, 3/8, n° 13.

Paronychia chionea Boiss., Hal. Consp. I, 569.

Ghiona, graviers calcaires, vers 2 150 mètres, 12/8, n° 338.

Herniaria incana Lamk., Hal. Consp. I, 572.

Parnasse, pelouses subalpines de 1 800 à 2 300 mètres, 6/8, n° 167.

Herniaria parnassica Heldr. et Sartl., Hal. Consp. I, 574.

Parnasse, pelouses subalpines, calcaire, 1 800-2 000 mètres, 6/8, n° 1049, 168 et 79.

Umbilicus erectus D. C.

= *Cotyledon Umbilicus* L., Hal. Consp. I, 576.

Parnasse, rochers calcaires ombragés, près de la « katavothra » du Livadhi, 1 100 mètres, 7/8, n° 186.

Sempervivum Reginae-Amaliæ Heldr. et Guicc., Hal. Consp. I, 580.

Ghiona, rocaïlles calcaires alpines, vers 2 100-2 500 mètres, 12/8, n° 1133. Cette joubarbe n'avait pas encore été indiquée dans le massif du Ghiona, où elle paraît d'ailleurs fort rare.

Sedum majellense Ten., Hal. Consp. I, 582.

Parnasse, creux des rochers calcaires de 1 800 à 2 300 mètres, 6/8, n° 99.

Sedum album L. subsp. *athoum* (D. C.) Maire et Petitmengin comb. nov.

= *S. album* L. var. *brevifolium* Boiss. = *S. athoum* D. C., Hal. Consp. I, 584.

Parnasse, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 6/8, n° 180.

Sedum Sartorianum Boiss., Hal. Consp. I, 585.

Parnasse, rochers calcaires, 1 850 mètres, 6/8, n° 179.

Sedum anopetalum D. C., Hal. Consp. I, 586.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 271.

Sedum annuum L., Hal. Consp. I, 591.

= *S. annuum* var. *parnassicum* Boiss. et Heldr. = *S. saxatile* D. C.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, 2 000 mètres, 12/8, n° 321.

Parnasse, rochers calcaires alpins, vers 2 250 mètres, 6/8, n° 201.

Saxifraga porophylla Bert. subsp. *Frederici-Augusti* (Bias.) Maire et Petitmengin comb. nov. ; Hal. Consp. I, 600 (pro sp.).

Ghiona, rochers calcaires, N. O., 1 700 mètres, au-dessus de Sykia, 13/8, n° 231.

Saxifraga aizoon Jacq., Hal. Consp. I, 597.

Ghiona, rochers calcaires au-dessus de Sykia, N. O., 1 700 mètres, 13/8, n° 232.

Parnasse, rochers calcaires humides exposés au N., au-dessous de la cime dite Kotrona, 2 400 mètres, 6/8, n° 70.

Saxifraga Spruneri Boiss., Hal. Consp. I, 599.

Parnasse, rochers calcaires humides, exposition N., au-dessous de la cime dite Kotrona, 2 400 mètres, 6/8, n° 68.

Saxifraga ascendens L. var. *parnassica* (Boiss. et Heldr.) Hal. Consp. I, 602.

Parnasse, rochers calcaires humides exposés au N., au-dessous de la cime dite Kotrona, 2 400 mètres, 6/8, n° 69.

Saxifraga rotundifolia L., Hal. Consp. I, 603.

Ghiona, rochers calcaires humides, près de la fontaine de Platyliothos, 1 450 mètres, 11/8, n° 241. (Forme à feuilles dépourvues de marge membraneuse.)

Subsp. *taygetea* (Boiss. et Heldr.) Engl. Mon. Saxifr., p. 117 (pro var.)

= *S. taygetea* Boiss. et Heldr., Diagn. X. 19, Hal. Consp. I, 605.

Ghiona, creux à neige, fissures des rochers calcaires, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 341.

OBSERVATIONS. — Il nous est impossible de considérer le *S. taygetea* autrement que comme une sous-espèce alpine du *S. rotundifolia*. Il ne s'en distingue guère, en effet, que par ses tiges plus

basses, ses feuilles plus petites, à crénelures moins nombreuses, et on trouve des formes intermédiaires.

De même les *Saxifraga chrysosplenifolia* Boiss., *repanda* Willd., *olympica* Boiss., quoique mieux caractérisés, ne nous paraissent guère constituer que des sous-espèces de *S. rotundifolia* L.

Saxifraga Sibthorpii Boiss., Hal. Consp. I, 605.

Parnasse, fissures humides des rochers calcaires, 2 000-2 400 mètres, 6/8, n° 71.

Parnassia palustris L., Hal. Consp. I, 606.

Ghiona, pelouses humides sur les tufs ophitiques, à 1 850 mètres, près des bergeries de Karvouni, 12/8, n° 313.

Eryngium campestre L. var. *virens* (Link.) Weiss., Hal. Consp. I, 615.

Phocide, Delphes, rocailles calcaires, 300-1 000 mètres.

Parnasse, jusqu'à 1 200-1 300 mètres, 5/8, n° 26. Vulg. *μυρούνα*.

Eryngium multifidum S. et Sm., Hal. Consp. I, 615.

Ghiona, rochers et éboulis calcaires de l'étage silvatique, 1 400-1 700 mètres, 12/8, n° 226.

Parnasse, rocailles des étages silvatique et subalpin, 1 200-2 000 mètres, 6/8, n° 178.

Daucus carota L., Hal. Consp. I, 625.

Phocide, champs cultivés sur les schistes à Segditsa, 800 mètres, 10/8, n° 291.

Turgenia latifolia D. C., Hal. Consp. I, 626.

Parnasse, moissons des derniers champs d'orge, à 1 850 mètres, 6/8, n° 126.

Heracleum Pollinianum Bert. var. *œtæum* (Boiss.), Hal. Consp. I, 638.

= *Heracleum palmatum* var. *œtæum* Boiss., Fl. or. suppl. 269.

Ghiona, rochers calcaires de l'étage silvatique supérieur à Platylithos et de l'étage subalpin, près des bergeries de Karvouni, 1 400-1 850 mètres, 11/8, n° 288. Seconde station connue de cette variété qui n'avait encore été trouvée que sur l'Eta, dans les gorges dites Roupia.

Ferulago nodosa L., Hal. Consp. I, 644.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 600 mètres, 3/8, n° 50.

Les nodosités énormes qui se forment à la partie supérieure des entrenœuds de cette espèce sont bourrées d'amidon. Il y a là une adaptation xérophile. En effet, la plante, qui croît dans des terrains arides et ensoleillés, et présente des feuilles à structure xérophile peu marquée, est de très bonne heure complètement défeuillée. Les matières de réserve accumulées dans ces nodosités lui permettent alors d'amener ses fruits à maturation.

Sclerochorton junceum Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 647.

Parnasse, éboulis calcaires, vers 2 300 mètres, 6/8, n° 108.

Cnidium silaifolium Jacq., Hal. Consp. I, 648.

Parnasse, rocailles calcaires, près de l'Antre Corycien (Saran-davli), 1 250 mètres, 5/8, n° 170.

Var. *orientale* Boiss., Hal. Consp. I, 648.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 249.

Scaligeria cretica Urv., Hal. Consp., I, 656.

Laconie, rochers calcaires, entre Sparte et Trypi, 200-300 mètres, 23-10, n° 875.

Carum meoides Gris., Hal. Consp. I, 678.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 400-2 000 mètres, 11/8, nos 1042 et 251.

Falcaria Rivini Host. = *Sium Falcaria* L. = *Prionitis Falcaria* Dum., Hal. Consp. I, 679.

Parnasse, champs et lieux incultes au Livadhi, 6/8, n° 125. Espèce rarissime en Grèce.

Pimpinella Tragium Vill., Hal. Consp. I, 682.

Ghiona, rochers calcaires de l'étage silvatique, 1 300-1 500 mètres, 11/8, n° 296 (var. *typica*).

Bupleurum capillare Boiss. et Heldr., Hal. Consp. I, 691.

Phocide, roches Phœdriades, près Delphes, calcaire, 900-1 000 mètres, 7/8, n° 202. Espèce jusqu'ici spéciale au Parnasse, où elle n'a été trouvée que deux fois. Elle habite les garrigues de l'étage montagneux, de 800 à 1 000 mètres.

Arceuthobium Oxycedri D. C., Hal. Consp. I, 696.

Parnasse, fréquent sur les *Juniperus Oxycedrus*, sur tout le plateau du Livadhi, 5/8.

Galium firmum Tausch, Hal. Consp. I, 712.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 273. Nos spécimens appartiennent au type, plus rare dans les montagnes de Grèce que les variétés *eubæum* Hal. et *citraceum* Boiss. et Heldr.

Galium thymifolium Boiss. et Heldr., Hal. Consp. I, 715.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 274.

Parnasse, rocailles calcaires, dans les forêts de sapins, 1 200 mètres, 6/8, n° 143.

Galium verticillatum Dauth., Hal. Consp. I, 726.

Parnasse, rochers calcaires des étages subalpin et silvatique, 1 500-1 900 mètres, 6/8, n° 128. N'est pas mentionné par HELDREICH dans sa *Χλωρίς τοῦ Παρνασσού*.

Asperula lutea Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 737.

Parnasse, rocailles de l'étage silvatique, 1 200 mètres, 5/8, n° 144.

Asperula nitida Sibth. et Sm., Hal. Consp. I, 735.

Ghiona, rochers calcaires près du sommet, versant E., 2 400-2 500 mètres, 12/8, n° 356.

Morina persica L., Hal. Consp. I, 756.

Parnasse, rocailles et éboulis calcaires, de 1 000 à 2 000 mètres, 7/8, n° 135.

Cephalaria ambrosioides S. et Sm., Hal. Consp. I, 758.

Phocide, roches Phœdriades, au-dessus de Delphes, 500-1 000 mètres, calcaire, 5/8, n° 190.

Knautia integrifolia (L.) Bert., Hal. Consp. I, 760.

Parnasse, rochers calcaires de l'étage silvatique, près des Kalyvia d'Arakhova, 1 200 mètres, 6/8, n° 112.

Pterocephalus perennis Vaill., Hal. Consp. I, 761.

= *P. Parnassi* Spreng. = *P. bellidifolius* Boiss.

Parnasse, rocailles calcaires de 950 à 2 100 mètres, 6/8, n° 171.

Callistemma palæstinum (L.) Heldr., Hal. Consp. I, 763.

Phocide, champs sur les schistes, entre Delphes et Arakhova, 3/8, n° 12.

Bellis perennis L. var. **microcephala** Boiss., Hal. Consp. II, 12.

Ghiona, bords des ruisselets dans les pâturages subalpins, 1 800 mètres, 13/8, n° 217.

Erigeron alpinum L. (sensu lato), Hal. Consp. II, 15.

= *E. olympicum* Schott. in Œst. Bot. Wochenbl. VII, 230.

Parnasse, rocailles calcaires alpines, au-dessus des bergeries dites Strounga tou Lazarou, 2 200 mètres, 6/8, n° 1029.

Solidago virgaurea L., Hal. Consp. II, 17.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines, vers 2 000 mètres, 12/8, n° 1041. Espèce rare en Grèce, non encore signalée au Ghiona.

Var. **vestita** Hal. Consp. II, 17.

Ghiona, rochers calcaires humides, à Platylithos, 1 400 mètres, 11/8, n° 253.

Inula britannica L., Hal. Consp. II, 21.

Parnasse, lieux inondés l'hiver (Limni) du Livadhi, près des « Katavothra », 7/8, n° 204.

Inula oculus-Christi L., Hal. Consp. II, 21.

Ghiona, rocailles calcaires de l'étage silvatique, près de la fontaine de Platylithos, 1 500 mètres, 11/8, n° 297.

Inula parnassica Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 22.

Phocide, Delphes, rochers calcaires, 600-700 mètres, 3/8, n° 11.

Inula graveolens L., Hal. Consp. II, 25.

Arcadie et Laconie : assez fréquent sur les schistes dans les montagnes entre Tripolis et Sparte, 200-800 mètres, 19/10, n° 866.

Inula viscosa L., Hal. Consp. II, 24.

Var. **angustifolia** R. Maire.

A typo differt foliis angustioribus, lineari-lanceolatis, integris vel parce dentatis, nec non omnibus partibus minoribus.

Arcadie, montagnes entre Tripolis et Sparte, surtout sur les schistes, 200-800 mètres, 19/10, n° 867.

Achillea umbellata S. et S., Hal. II, p. 42.

Ghiona, rochers calcaires alpins, 2 300 mètres, 12/8, n° 337.

Parnasse, rochers calcaires subalpins, aux bergeries dites Strounga tou Lazarou, 2 000 mètres, 6/8, n° 198.

Anthemis tinctoria L. var. **parnassica** (Boiss. et Heldr.), Hal. Consp. II, 53.

Parnasse, éboulis calcaires, vers 2 300 mètres, 6/8, n° 66.

Doronicum cordifolium Sternb., Hal. Consp. II, 76.

Parnasse, rochers calcaires humides, 2 000-2 400 mètres, 7/8, n° 64.

Senecio thapsoides D. C., Hal. Consp. II, 80.

Parnasse, rochers calcaires de l'étage silvatique supérieur, 1 800 mètres, 6/8, n° 84.

Senecio nemorensis L. var. **expansus** (Boiss. et Heldr.), Hal. Consp. II, 81.

= *S. Jacquinianus* Rehb. v. *expansus* Boiss. et Heldr. Diagn. ser. 2, III, 34.

Ghiona, rochers calcaires humides de l'étage silvatique, près de la fontaine de Platyolithos, 1 450 mètres, n° 257.

Senecio rupestris W. et K., Hal. Consp. II, 82.

Ghiona, éboulis calcaires sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 000-2 200 mètres, 12/8, n° 301.

Parnasse, rocailles calcaires, près des bergeries du Gerondovrakhos, 2 200 mètres, 6/8, n° 54.

Echinops albidus Boiss. et Spr., Hal. Consp. II, 90.

Phocide, dans les broussailles sur les schistes, entre Amphissa et le monastère d'Agios-Ilias, 200-300 mètres, 14/8, n° 228.

Echinops Ritro L. var. **Sartorianus** Boiss., Hal. Consp. II, 91.

Parnasse, champs cultivés et rocailles calcaires de 1 100 à 1 800 mètres, 6/8, n° 92.

Echinops microcephalus S. et S., Hal. Consp. II, 91.

Arcadie, dans les vignes de toute la plaine de Tripolis, calcaire, 600 mètres, 19/10, n° 847.

Carlina gummifera L., Hal. Consp. II, 94.

= *Atractylis gummifera* Less.

Élide, champs argileux, près des ruines d'Olympie, 100 mètres, 27/10, n° 883.

Carlina corymbosa D. C. subsp. *græca* Boiss. (pro var.), Hal. Consp. II, 97 (pro sp.).

Phocide, Delphes, rochers et éboulis calcaires, 500-1 000 mètres, 5/8, n° 380.

Carduus armatus Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 104.

Parnasse, rocailles calcaires de 1 200 à 2 300 mètres, 6/8, n° 1086.

Carduus pycnocephalus L., Hal. Consp. II, 106.

Phocide, ruines de Delphes, 3/8, n° 1104.

Cirsium Heldreichii Hal. Consp. II, 111.

Ghiona, rocailles et pâturages des régions silvatique supérieure et subalpine, 13/8, n° 1025. Ce *Cirsium* est nouveau pour le massif du Ghiona; c'est une plante du Pinde qui n'était pas indiquée au sud du Veloukhi (Tymphreste).

Picnomon Acarna L., Hal. Consp. II, p. 119.

Phocide, très abondant dans les rocailles et les lieux incultes des étages méditerranéen, montagneux et silvatique du Parnasse, 3/8, n° 49.

Onopordon illyricum L., Hal. Consp. II, 123.

Parnasse, rocailles arides et champs incultes sur le plateau du Livadhi, entre les Kalyvia d'Arakhova et les Kalyvia de Kastri; calcaires, 1 000-1 100 mètres, 5/8, n° 169.

Centaurea affinis Friv., Hal. Consp. II, 146.

Parnasse, rocailles calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 100-2 000 mètres, 6/8, n° 184.

Centaurea pelia D. C., Hal. Consp. II, 149?

Delphes, roches Phœdriades, calcaires, 600 mètres, 3/8, n° 1103. La plante étant dans un état trop avancé, la détermination n'est pas absolument certaine.

Centaurea salonitana Vis., Hal. Consp. II, 159.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 1 150 mètres, 6/8, n° 177.

Carthamus dentatus Vahl., Hal. Consp. II, 169.

Phocide, Delphes, rochers calcaires de 500 à 1 000 mètres, 3/8, n° 47.

Leontodon asper W. et K. var. *setulosus* Hal. Consp. II, 187.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines, 1800-2000 mètres, 12/8, n° 259. N'était pas signalé dans le massif du Ghiona.

Tragopogon Samaritanii Heldr. et Sart., Hal. Consp. II, 193.

Ghiona, rocailles calcaires du haut plateau de l'Ano-Koukos, vers 2000 mètres, 12/8, n° 312.

Scorzonera purpurea Boiss. subsp. *rhodantha* (Hausskn.) Maire et Petitmengin comb. nov.

= *Scorzonera rhodantha* Hausskn., Hal. Consp. II, 197.

Ghiona, pelouses subalpines au lieu dit Vromolaka, au-dessus de Sykia, 1800-2000 mètres, 13/8, nos 218 et 219. Cette plante du Pinde n'avait pas encore été rencontrée dans le massif du Ghiona, mais HELDREICH l'avait trouvée dans celui du Vardousia, de l'autre côté de la vallée du Morno-Potamos.

Podospermum canum C. A. Mey., Hal. Consp. II, 199.

= *Scorzonera messeniaca* Chaub. et Bory.

Argolide, sur les schistes cristallins, près du théâtre du hiéron d'Esculape, à Épidaure, 150 mètres, 17/10, n° 849.

Podospermum canum C. A. Mey. var. *alpinum* Boiss., Hal. Consp. II, 200.

Ghiona, rocailles et pelouses, vers 2100-2400 mètres, 12/8, n° 343.

Taraxacum officinale Wigg. var. *alpinum* Hoppe, Hal. Consp. II, 202.

Ghiona, rocailles calcaires à 2400 mètres, 12/8, n° 1054.

Parnasse, rocailles calcaires et pelouses subalpines, 2000-2300 mètres, 6/8, n° 105.

Lactuca viminea L., Hal. Consp. II, 212.

Parnasse, rocailles calcaires des étages méditerranéen, montagneux et silvatique, 600-1700 mètres, 6/8, n° 172.

Lactuca muralis (L.) E. Meyer, Hal. Consp. II, 213.

Ghiona, forêts de sapins sur les calcaires et les schistes, 800-1800 mètres, 11/8, n° 299.

Hieracium Pilosella L. subsp. *macranthum* (Ten.), Hal. Consp. II, 233; *teste* Arvet-Touvet.

Ghiona, pâturages sur les schistes et les tufs ophitiques, au-dessus des bergeries de Karvouni, 1900-2000 mètres, 12/8, n° 353 (*forma microcephala*).

Hieracium Gaudryi Boiss. et Orph., Hal. Consp. II, 240.

Parnasse, rochers calcaires subalpins, en montant des Kalyvia d'Arakhova aux bergeries Strounga tou Lazarou, 1 800-1 900 mètres, 6/8, n° 141. N'avait été trouvé que par ORPHANIDIS dans les rochers dits Kedhrozastano.

Hieracium scapigerum Boiss., Orph. et Heldr.; Hal. Consp. II, 241; *teste* Arvet-Touvet.

Ghiona, rochers calcaires alpins, 2 200 mètres, 12/8, n° 342 (*très typique*, Arv.-Touv.); n° 220 (*forma*, Arv.-Touv.), n° 320 (*forma reducta*, Arv.-Touv.).

Ghiona, rochers calcaires dans les gorges de la région silvatique, près de la fontaine de Platyolithos, 1 400 mètres, 11/8, n° 320.

Hieracium Sartorianum Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 242; *teste* Arvet-Touvet.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, nos 359 (*typique*) et 284 (*forma*).

Hieracium virga-aurea Cosson; *teste* Arvet-Touvet.

Ghiona, forêts de sapins sur les schistes, versant O., au-dessus de Sykia, 13/8, n° 1039 (*forma reducta*).

OBSERVATIONS. — Ce *Hieracium* n'avait pas encore été rencontré en Grèce. Il est voisin du *H. racemosum* et du *H. crinitum*, déjà signalés dans les forêts du Pinde et de l'Olympe.

Campanula rupicola Boiss. et Spr., Hal. Consp. II, 258.

Parnasse, creux des rochers calcaires, vers 2 200-2 300 mètres, 6/8, n° 60.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, 1 800-2 000 mètres, 12/8, n° 302.

Campanula versicolor Andrews, Hal. Consp. II, 262.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 11/8, n° 260. Fentes ombreuses des rochers dans la gorge de la fontaine Castalie, à Delphes, 500-600 mètres, 3/8, n° 19.

Taygète, rochers calcaires, près Boliana, 600 mètres, 22/10.

N. B. — Cette campanule est facile à reconnaître, même lorsqu'elle n'est pas en fleurs, car elle possède un latex blanc, aussi abondant que celui des Euphorbes, qui s'écoule dès qu'on la coupe. La plupart des campanules n'ont au contraire qu'un latex peu abondant et souvent incolore. Nous n'avons trouvé ce

caractère mentionné dans aucune des descriptions classiques, bien qu'il soit exprimé par le nom vulgaire de la plante : γαλατό-χρστο.

Campanula racemosa (Krasan) Witarek in Abh. zool. bot. Ges. Wien I, 3, p. 34.

C. rotundifolia Hal. Consp. II, 263, non L.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, vers 2 100-2 150 mètres, 12/8, n° 354.

N. B. — Cette espèce présente un latex blanc assez abondant.

Campanula radicata Chaub. et Bory., Hal. Consp. II, 265.

Parnasse, pelouses des régions alpine et subalpine, 1 900-2 400 mètres, sur la terre argileuse décalcifiée, 6/8, n° 94.

N. B. — Cette espèce mime le *Beta nana*, dont il est parfois difficile de la distinguer au premier abord, lorsqu'elle n'est pas fleurie. On la reconnaît facilement, en arrachant une feuille, grâce à la présence d'un latex blanc peu abondant, mais toujours bien visible.

Campanula drabifolia S. et Sm., Hal. Consp. II, 266.

Parnasse, rochers calcaires des forêts de sapins, 6/8, n° 166.

Campanula Sibthorpiana Hal. Consp. II, 268.

= *C. spatulata* Sibth. et Sm.

Ghiona, pelouses subalpines, dans les touffes de chardons, 11/8, n° 303.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines, 1 900-2 200 mètres, 6/8, n° 91.

Campanula aizoon Boiss., Hal. Consp. II, 269.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, rocailles calcaires, vers 2 100 mètres, 12/8, n° 311.

N. B. — Cette espèce présente un latex blanc presque aussi abondant que celui du *Campanula versicolor*.

Edraianthus graminifolius (L.) D. C., Hal. Consp. II, 279.

Parnasse, fentes des rochers calcaires sur le Gerondovrakhos, 2 350 mètres, exposition W, 6/8, n° 107.

Arbutus Andrachne L., Hal. Consp. II, 283.

Arcadie, montagnes entre Tripolis et Sparte, sur les calcaires et les schistes, 500-800 mètres, 19/10, n° 886.

Phocide, forêts d'*Abies cephalonica* et broussailles au-dessous

des forêts, sur le mont Elatos, au-dessus d'Amphissa, calcaire, 500-1 000 mètres, 14/8, n° 212. Vulg. άγρια κουμαριά.

Arbutus unedo L., Hal. Consp. II, 283.

Phocide, broussailles au-dessus d'Amphissa, au-dessous des forêts de sapins du mont Elatos, vers 500-600 mètres, calcaire, 14/8. Vulg. κουμαριά.

Fraxinus Ornus L., Hal. Consp. II, 289.

Ornus europæa Pers.

Parnasse, étage silvatique inférieur, autour de la plaine fermée dite Livadhi, 1 100 mètres, n° 121. Vulg. μελεγός.

Cynanchum acutum L., Hal. Consp. II, 292.

Phocide, Delphes, rocailles calcaires, 500-600 mètres, 3/8, n° 30.

Cionura erecta L., Hal. Consp. II, 292.

Phocide, rocailles et lieux incultes, sur les schistes et le calcaire, entre Delphes et Arakhova, 700-800 mètres, 3/8, n° 1.

Convolvulus Mairei Hal. nov. sp.

Hirsutus; caulibus prostratis, foliis parvis, prostratis, triangulari-ovatis acutis vel obtusis, obtuse sagittato-hastatis; pedunculis axillaribus, solitariis, 1-floris, bibracteatis, fructiferis folium superantibus, sepalis ovato-oblongis, obtusissimis; corolla albo-rosea, extus puberula, calice multo longiore; capsula pubescente.

Caules 10-15 cm longi, foliorum lamina 5-8 mm longa, corolla 8-10 mm longa.

Habitu speciminibus macris *C. arvensis* L. similis, sed caulibus foliisque dense et breviter hirsutis, corolla et capsula pubescentibus discedens. — Jul. Aug. 4.

Phocide : Parnasse, grèves exondées du petit lac Zouvala, au pied de l'Antre Corycien, 1 120 mètres, 5/8, n° 113.

Retrouvé en 1906 dans la même station et de plus sur le limon exondé près de la fontaine intermittente dite Terzeniko (altitude 1 150 mètres), sur le plateau du Livadhi, à environ 2 kilomètres du lac Zouvala; trouvé également en 1906 dans le lit exondé du lac de Phonias (anciennement Pheneos) dans le Péloponèse (altitude 730 mètres), où il est très abondant.

Ce *Convolvulus* ne croît absolument que sur le limon submergé l'hiver, en compagnie de *Verbena supina* et *Crypsis schœnoides*. Dans les parties desséchées depuis plusieurs années du lac de

Phonia, où nous l'avons observé en 1906, il persiste, encore bien que non submergé l'hiver, mais il est peu à peu chassé par le *Convolvulus arvensis*, qui vient s'établir à côté de lui à la faveur de l'assèchement des terres. Ces deux *Convolvulus* se mêlent ainsi, tout en restant absolument distincts, à tel point qu'on peut les reconnaître à plusieurs mètres de distance.

Convolvulus arvensis L., Hal. II, 307.

Ghiona, pelouses sur les schistes dans les forêts de sapins, sur le versant O., 1 500 mètres, 13/8, n° 215.

Phocide, rochers calcaires, à Delphes, 500-700 mètres (*forma transiens ad var. Cherleri* Ag.), 3/8, n° 35.

Cuscuta epithymum L. var. *alba* Presl., Hal. Consp. II, 311.

Parnasse, sur *Daphne oleoides* et *Eryngium* sp., dans la région subalpine, 1 850 mètres, 6/8, n° 87. Vulg. νεραϊδονέματα.

Heliotropium villosum Webb., Hal. Consp. II, 314.

Phocide, Delphes, champs et décombres, calcaire, 450-650 mètres, 3/8, n° 377.

Anchusa parnassica Boiss. et Orph., Hal. Consp. II, 323.

Ghiona, éboulis calcaires, près des bergeries au-dessus de Platyliothos, 1 450 mètres, 11/8, n° 248.

Myosotis olympica Boiss., Hal. Consp. II, 354.

Parnasse, rocailles calcaires alpines, au-dessus de 2 200 mètres, 6/8, n° 57. Cette espèce, assez abondante dans l'étage alpin, sur le Gerondovrakhos, l'un des deux sommets du Parnasse, n'était pas indiquée dans ce massif ni par HELDREICH, Χλωρίς τοῦ Παρνασσού, ni par HALÁCEY, *l. c.*

Atropa Belladonna L., Hal. Consp. II, 368.

Phocide, forêts d'*Abies cephalonica*, sur le mont Elatos, au-dessus d'Amphissa, calcaire, 1 000-1 200 mètres, 14/8, n° 1094.

Solanum nigrum L. var. *villosum* L., Hal. Consp. II, 370.

Phocide, Delphes, décombres dans les ruines, 3/8, n° 31.

Verbascum parnassicum Hal.°

V. epixanthinum Boiss. Fl. Or. (pro parte), Hal. Consp. II, 379, non Boiss. Diagn. Fl. Or.

Parnasse, rocailles calcaires des étages silvatique et subalpin, de 1 200 à 2 300 mètres, 6/8, n° 56.

Verbascum undulatum Lamk., Hal. Consp. II, 382.

Phocide : Delphes, rochers calcaires près de la fontaine Castalie, 550 mètres, 3/8, n° 21.

Verbascum sinuatum L., Hal. Consp. II, 391.

Phocide, rochers calcaires, à Delphes, 500-600 mètres, 3/8, n° 32.

Digitalis ferruginea L., Hal. II, 420.

Parnasse, forêts d'*Abies cephalonica*, rocaillies calcaires, 1200-1800 mètres, 6/8, n° 114.

Digitalis lævigata L., Hal. Consp. II, 420.

Phocide, forêts de sapins du mont Elatos, au-dessus d'Amphissa, sur calcaire, 1000-1300 mètres, 14/8, n° 236.

Scrofularia heterophylla Willd., Hal. Consp. II, 403.

Phocide, Delphes, rochers calcaires, 500-600 mètres, 3/8, n° 33.

Subsp. *laciniata* (W. et K., Hal. Consp. II, 405 [pro specie]), Maire et Petitmengin, comb. nov.

Parnasse, rochers calcaires subalpins, 1850 mètres, 6/8, n° 85.

Var. *poetarum* Maire et Petitmengin.

A typo differt statura minori, floribus pallidioribus, tubo corollæ calice triplo longiori, tenuiori, staminodio latiori, nec non pubescentia glandulosa omnium partium.

Parnasse, creux des rochers calcaires subalpins, 1800-2200 mètres, 6/8, n° 77.

Cette plante ne peut, à notre avis, être considérée autrement que comme une variété du *S. laciniata* W. et K. Sa pubescence la rapproche de *S. taygetea* Boiss., Hal. Consp. II, 407, dont elle se distingue nettement, au premier abord, par ses feuilles laciniées et non entières.

Le *S. laciniata* type ne nous paraît pas pouvoir être distingué spécifiquement du *S. heterophylla*, auquel il est réuni par des intermédiaires à tel point « qu'il est souvent difficile de distinguer en herbier les deux espèces » (HALÁCSY, l. c.).

Nous suivons donc ici l'opinion exprimée par BOISSIER lorsqu'il dit de *S. laciniata* : « Valde affinis formis pinnatisectis *Scrofulariæ heterophyllæ*, pro cujus stirpe subalpina et alpina haberi posset, — differt tamen colore læte viridi, foliis tenuibus membranaceis, nec carnosus, lobis et dentibus sæpius acutis, nec obtusis, cau-

libus non adeo fragilibus, capsula calycis proportione brevior. »
(BOISSIER, *Flora orientalis*, IV, p. 409.)

Il semble donc légitime de considérer le *S. laciniata* comme une sous-espèce montagnarde du *S. heterophylla*.

Linaria peloponnesiaca Boiss. et Heldr. var. *parnassica* Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 410.

Parnasse, moissons à 1 850 mètres, 6/8, n° 127.

Chænorhinum minus (L.) Willk. et Lange, Hal. Consp. II, 418.

Champs et lieux incultes sur les schistes entre Arakhova et Delphes, 2/8, n° 17.

Veronica aphylla L., Hal. Consp. II, 428.

Parnasse, escarpements calcaires humides, exposés au nord, au-dessous du sommet dit Kotrona, 2 400 mètres, n° 75.

Veronica Anagallis aquatica L., Hal. Consp. II, 429.

Phocide, Delphes, dans la fontaine Castalie, 3/8, n° 25.

Euphrasia salisburgensis Funk., Hal. Consp. II, 440 (*teste* Chabert).

Ghiona, rochers calcaires sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, près de la « katavothra » de Makri-Laka, 2 050 mètres, 12/8, n° 1061.

Ibidem, graviers calcaires au pied du cône terminal, 2 000 mètres, 12/8, n° 369 (*forma nana*).

Ibidem, rochers calcaires humides des gorges de la région silvatique, près de la fontaine de Platylithos, 1 400 mètres, n° 363.

Plante rare en Grèce, non encore indiquée dans le massif du Ghiona.

Orobanche gracilis Sm., Hal. Consp. II, 450 ?

Laconie, sur le *Genista acanthoclada*, sur les schistes, entre Anogia et Boliana, sur le Taygète, 600-800 mètres, 21/10, n° 861.

En raison de l'état avancé des spécimens, la détermination reste un peu douteuse.

Orobanche attica Reut., Hal. Consp. II, 453.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 000-2 200 mètres, sur *Marrubium velutinum* S. et Sm., 12/8, n° 318 (forme naine, appauvrie).

Parnasse, sur *Eryngium campestre*, au Livadhi, près des Kaly-

via d'Arakhova, très abondant, 6/8, n° 174 (forme vigoureuse, élancée).

Verbena supina L., Hal. Consp. II, 462.

Parnasse, grèves exondées du lac Zouvala, au pied de l'Antre Corycien, 1 120 mètres, 5/8, n° 111.

Teucrium Chamædrys L., Hal. Consp. II, 472.

Ghiona, rocailles calcaires de l'étage silvatique, 1 600 mètres, 11/8, n° 243.

Teucrium montanum L. var. *parnassicum* Celak., Hal. Consp. II, 476.

Ghiona, rocailles calcaires du haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 200 mètres, 12/8, n° 324.

Teucrium Polium L. var. *angustifolium* Benth., Hal. Consp. II, 478.

Phocide, lieux incultes, sur les schistes et les calcaires, entre Delphes et Arakhova, 600-900 mètres, 3/8, n° 8.

Var. *pseudohyssopus* Schreb., Hal. Consp. II, 478.

Parnasse, rocailles calcaires, de 800 à 1 400 mètres, 6/8, n° 146.

Salvia argentea L., Hal. Consp. II, 486.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 272.

Scutellaria peregrina L., Hal. Consp. II, 493.

Parnasse, broussailles sur les éboulis calcaires, près de l'Antre Corycien (Sarandavli), 1 200 mètres, 5/8, n° 152.

Sideritis Ræseri Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 499.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 352 et 353.

Parnasse, rochers calcaires subalpins, 6/8, n° 72. Vulg. τσαϊ.

Marrubium velutinum Sibth. et Sm., Hal. Consp. II, 505.

Parnasse, rocailles calcaires, de 1 500 à 2 300 mètres, 6/8, n° 82.

Phlomis fruticosa L., Hal. Consp. II, 506.

Phocide, Delphes, rochers et éboulis calcaires, de 500 à 1 000 mètres, 4/8, n° 44. Vulg. άσφαχα.

Phlomis pungens Willd. var. *hispidula* Hal. Consp. II, 509.

Parnasse, champs cultivés au Livadhi d'Arakhova, après moisson, 1 150 mètres, 5/8, n° 1115.

Lamium garganicum L. var. *nivale* Bald., Hal. Consp. II, 511.

Ghiona, creux des rochers calcaires subalpins, 1 850 mètres, près des bergeries de Karvouni, 11/8, n° 306.

Lamium pictum Boiss. et Heldr., Hal. Consp. II, 512.

Parnasse, fentes des rochers calcaires, près des bergeries Στρούγγα τοῦ Ααζάρου, 2 000 mètres, 6/8, n° 182.

Betonica Jacquinii Grén. et Godr., Hal. Consp. II, 515.

Parnasse, éboulis calcaires subalpins, 2 300 mètres, 6/8, n° 59.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 300-1 900 mètres, 11/8, n° 282.

Stachys germanica L. var. *penicillata* (Heldr.), Hal. Consp. II, 520.

Parnasse, rocailles calcaires des étages silvatique supérieur et subalpin, 6/8, n° 83.

Stachys Swainsonii Benth., Hal. Consp. II, 527.

Phocide, fissures des rochers, près de la fontaine Castalie, à Delphes, 500 mètres, 3/8, n°s 27 et 42.

Ballota acetabulosa (L.), Urv., Hal. Consp. II, 532.

= *Marrubium acetabulosum* L., non Sibth. et Sm.

Parnasse, rochers et rocailles calcaires, de 600 à 1 200 mètres, 5/8, n°s 115 et 23.

Nepeta nuda L., Hal. Consp. II, 536.

Parnasse, rocailles calcaires subalpines, 1 700-2 000 mètres, 6/8, n° 55.

Nepeta parnassica Heldr. et Sart., Hal. Consp. II, 537.

Parnasse, rochers calcaires de l'étage silvatique, 1 100-1 400 mètres, 6/8, n° 155.

Calamintha incana S. et S. var. *calvescens* Heldr., Hal. Consp. II, 543.

Attique : Athènes, entre les dalles du théâtre, 2/11, n° 916.

Calamintha suaveolens (Sibth. et Sm.), Boiss., Hal. Consp. II, 544.

Ghiona, champs arides, sur les schistes, près du village de Segditsa, 600 mètres, 10/8, n° 333 et 365.

Micromeria juliana L., Hal. Consp. II, 546.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, 1 850 mètres, 11/8, n° 258.

Phocide, rochers calcaires, entre Arakhova et Delphes, 600-800 mètres, 3/8, n° 15.

Delphes, rochers calcaires, 500 mètres, 5/8, n° 381.

Satureia Thymbra L., Hal. Consp. II, 550.

Attique, rocailles calcaires, près de Marousi, 200-300 mètres, 31/10, n° 911.

Satureia parnassica Heldr. et Sart., Hal. Consp. II, 551.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800 mètres, 11/8, n° 254.

N'était pas encore indiquée dans le massif du Ghiona.

Origanum heracleoticum L., Hal. Consp. II, 555.

Ghiona, rochers calcaires de la région silvatique, 800-1 000 mètres, 11/8, n° 294. Vulg. *ρίγανη*, employé comme condiment dans la cuisine locale.

Var. *trichocalycinum* Hausskn., Hal. Consp. II, 555.

Rochers schisteux à Trypi, Laconie, 300 mètres, 24/10, n° 1138.

Thymus Sibthorpii Benth., Hal. Consp. II, 564.

Parnasse, rochers calcaires à 2 000 mètres, 6/8, n° 110.

Thymus teucrioides Boiss. et Spr., Hal. Consp. II, 566.

Ghiona, rocailles calcaires subalpines sur tout le haut plateau de l'Ano-Koukos, 1 900-2 200 mètres, 12/8, n° 1046.

Parnasse, rocailles et éboulis calcaires, 2 100 mètres, 6/8, n° 97 et 372.

Mentha longifolia L. var. *Sieberi* Koch., Hal. Consp. II, 570.

Phocide, vignes et ruisselets sur les schistes, entre Delphes et Arakhova, 700-900 mètres, 3/8, n° 2.

Thymbra capitata Gris., Hal. Consp. II, 557.

Thymus capitatus Hoffm. et Link.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 500-1 000 mètres, 7/8, n° 185.

Laconie, rochers calcaires dans la Langada de Trypi, 24/10, n° 882.

Lysimachia atropurpurea L., Hal. Consp. III, 2.

Béotie, lieux incultes près d'Arakhova, sur les schistes et les calcaires, 700-900 mètres, 2/8, n° 5.

Globularia cordifolia L., Hal. Consp. III, 12.

Ghiona, rochers calcaires subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 800-1 900 mètres, 11/8.

Acantholimon Echinus L., Hal. Consp. III, 14.

Ghiona, rocailles calcaires alpines sur le cône terminal, 2 400-2 500 mètres, 12/8, n° 279.

Armeria canescens Host. var. *majellensis* (Boiss.) Hal. Consp. III, 23.

Parnasse, broussailles près de l'Antre Corycien (Sarandavli), calcaire, 1 200-1 300 mètres, 5/8, n° 156.

Plantago recurvata L., Hal. Consp. III, 29.

= *P. carinata* Schrad. = *P. subulata* Wulf. = *P. humilis* Jan.

Ghiona, pelouses sur les tufs ophitiques dans la vallée fermée dite Braïla, sur le haut plateau de l'Ano-Koukos, 2 050 mètres, 12/8, n° 314.

Plantago montana L. var. *græca* Hal. Consp. III, 30.

Ghiona, haut plateau de l'Ano-Koukos, pelouses argilo-calcaires de la vallée fermée dite Neraïdo-Laka, près du lac des Néréides (Νεραΐδω Δίμνη), 2 100 mètres, n° 330.

Plantago lanceolata L. var. *capitata* (Ten.) Presl., Hal. Consp. III, 31.

Parnasse, pelouses sur la terre argileuse décalcifiée, dans les dépressions vers 2 200 mètres, 6/8, n° 67.

Ibidem, lieux inondés l'hiver (Limni) au Livadhi, sur la terre argileuse décalcifiée, 7/8, n° 193.

Beta nana Boiss. et Heldr., Hal. Consp. III, 42.

Parnasse, pelouses dans les déclivités alluvionnées, vers 2 300 mètres, 6/8, n° 100.

Atriplex patula L., Hal. Consp. III, 48.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 6/8, n° 136.

Atriplex tatarica L., Hal. Consp. III, 49 ?

Phocide, décombres et rocailles, à Delphes, 3/8, n° 46. Nous

rapportons provisoirement cette plante à l'*Atriplex tatarica* L., dont elle est bien voisine, si elle n'en est une simple variation.

Rumex Patientia L. ?, Hal. Consp. III, 60.

Ghiona, pâturages autour des bergeries de Karvouni, calcaire et schistes, 1 800 mètres, 12/8, n° 216.

La détermination de cette espèce est un peu douteuse, vu l'état trop avancé dans lequel elle se trouvait au moment de la récolte ; nos spécimens pourraient se rapporter au *R. crispus* var. *unicallosus*, dont ils semblent toutefois se distinguer par les valves plus nettement cordées.

Rumex nebroides Campd., Hal. Consp. III, 66.

Ghiona, pelouses subalpines, particulièrement aux abords des bergeries de Karvouni, calcaire, 1 850 mètres, 12/8, n° 280.

Polygonum Bellardii All., Hal. Consp. III, 74.

Ghiona, rocailles calcaires du versant O., au-dessus de Sykia, 1 800 mètres, 13/8, n° 229.

Polygonum convolvulus L., Hal. Consp. III, 76.

Parnasse, champs cultivés au Livadhi, 1 150 mètres, 6/8, n° 147.

Daphne oleoides Schreb., Hal. Consp. III, 77.

Parnasse, rocailles calcaires de 1 500 à 2 400 mètres, 6/8, n° 1050.

Ghiona, rocailles calcaires, de 1 550 à 2 200 mètres, 12/8. Vulg. λυκόλορο.

Thymelæa tarton-raira (L.) All., Hal. Consp. III, 80.

Attique, rocailles calcaires, entre Marousi et le monastère de Mendéli, 100-300 mètres, 31/10, n° 908.

Osyris alba L., Hal. Consp. III, 83.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, 7/8, n° 93.

Mercurialis annua L., Hal. Consp. III, 92.

Phocide, champs sur les schistes, à Segditsa, 600 mètres, 10/8, n° 293.

Andrachne telephioides L., Hal. Consp. III, 93.

Phocide, sur les schistes, entre Delphes et Arakhova, 700-800 mètres, 3/8, n° 16.

Euphorbia acanthothamnos Heldr., Hal. Consp. III, 96.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 500-1 000 mè-

tres, 4/8, n° 38. Cette plante est un véritable tropophyte à repos estival se comportant exactement comme les arbres et arbustes tropophytes des pays tropicaux : elle produit pendant la saison des pluies des feuilles à structure mésophile, qui disparaissent dès la fin de mai et laissent la plante complètement défeuillée pendant toute la saison sèche. Il en est de même pour l'*E. dendroides* L.

Euphorbia herniariifolia Willd., Hal. Consp. III, 99.

Parnasse, fissures des rochers et éboulis subalpins, 1800-2000 mètres, 6/8, n° 78.

Euphorbia veneta Willd., Hal. Consp. III, 104.

Phocide, Delphes, rochers et éboulis calcaires, près de la fontaine Castalie, 500 mètres, 3/8, n° 22. Vulg. γαλαξίδα. La tige, renflée à la partie supérieure et charnue, contient un latex abondant ; les tissus sont si bien protégés contre la déperdition de leur eau que nous avons pu trouver du latex encore liquide au mois de décembre de 1904 dans les tiges récoltées le 3 août.

Euphorbia deflexa Sibth. et Sm., Hal. Consp. III, 109.

Parnasse, rochers calcaires, vers 1800 mètres, 6/8, n° 90.

Euphorbia Myrsinites L., Hal. Consp. III, 113.

Parnasse, éboulis et rocaillies calcaires, de 500 à 2300 mètres, 6/8, n° 102.

Urtica dioica L. var. *hispida* D. C., Hal. Consp. III, 116.

Parnasse, autour des bergeries du Gerondovrakhos, 2200 mètres, 6/8, n° 139.

Ulmus campestris L. var. *tortuosa* Host., Hal. Consp. III, 122.

Parnasse, étage silvatique, autour du Livadhí, 1150-1200 mètres, 6/8, n° 188 (*forma foliorum indumento singularis*). Vulg. φτελιά.

Quercus pubescens Willd.

= *Q. lanuginosa* Lamk (pro var.), Hal. Consp. III, 127.

Laconie, Anogia, au sud de Sparte, 200 mètres, 20/10, n° 876.

Var. *congesta* Presl.

Arcadie, montagnes entre Tripolis et Sparte, sur les schistes et les calcaires, 400-800 mètres, 19/10, n° 879. Vulg. δένδρο.

Quercus Ægilops L., Hal. Consp. III, 130.

Attique, sur les schistes cristallins, près du monastère de Men-

déli, au pied du mont Pentélique, 300-400 mètres, 31/10, n° 912.
Vulg. βελανιδιά.

Quercus ilex L., Hal. Consp. III, 131.

= *Q. smilax* L., Hal. Consp. III, 131.

Laconie, rochers calcaires dans les gorges de la Langada de Trypi, 24/10, n° 881 (*forma foliis anguste oblongo-lanceolatis*).
Vulg. αριά.

Quercus coccifera L. var. *calliprinos* (Webb.) Boiss., Hal. Consp. III, 133.

Parnasse, chapelle dite Palæo-Panagia, près du lac Zouvala, 1 150 mètres, 6/8, n° 207 (arbres de 6-8 mètres de haut).
Vulg. πουρνάρι.

Ostrya carpinifolia Scop., Hal. Consp. III, 133.

Var. *corsica* Fliche, Bull. Soc. Bot. France, XXXV, 1888, p. 166.

Ghiona, rochers calcaires dans les gorges de l'étage silvatique, au lieu dit Platylithos, 1 300-1 500 mètres, 11/8, n° 261.

Les habitants de la région du Ghiona nomment cet arbre γαῦρος, tandis que ceux de l'Étolie, d'après HELDREICH et notre expérience personnelle, le nomment σστρύά, réservant le nom de γαῦρος pour le *Carpinus duinensis* Scop., espèce qui ne paraît pas exister dans le massif du Ghiona.

Salix alba L., Hal. Consp. II, 136.

Parnasse, bords des torrents, au Livadhi, 1 150 mètres, 6/8, n° 116. Vulg. ετιά.

Salix incana Schrank, Hal. Consp. III, 139.

Ghiona, graviers des gorges de la région silvatique, au-dessous de Platylithos, 800-1 000 mètres, 11/8, n° 292. Vulg. ετιά.

Crocus cancellatus Herb., Hal. Consp. III, 199.

Argolide, rocaillies calcaires, entre Nauplie et Épidaure, 200 mètres, 18/10, n° 855.

Crocus hadriaticus Herb., Hal. Consp. III, 200.

Arcadie, rocaillies calcaires des montagnes, près d'Alepo-Khorio, 700-800 mètres, 20/10, n° 1132.

Crocus Crewei Hook., Hal. Consp. III, 195.

Arcadie, rocaillies calcaires des montagnes, près d'Alepo-Khorio, 700-800 mètres, 20/10, n° 853.

Sternbergia sicula Tineo, Hal. Consp. III, 204.

Arcadie, sur les schistes, près du village de Kaparéli, et sur les calcaires, près d'Alepo-Khorio, 700-800 mètres, 20/10, n° 852.

Galanthus Reginæ-Olgæ Orph., Hal. Consp. III, 206.

G. Olgæ Orph. in Boiss., Fl. Or. V, 146.

Laconie, buissons et lieux humides sur les schistes et les calcaires, dans les gorges du Taygète, à Boliana et dans la Langada de Trypi, 500-1 000 mètres, 20 et 25/10, n° 868. Vulg. σκουλάρι. (Σκουλάρι = boucle d'oreille.)

Asparagus acutifolius L., Hal. Consp. III, 209.

Phocide : Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 500-900 mètres, 7/8, n° 183.

Asphodeline lutea L., Hal. Consp. III, 216.

Parnasse, forêts de sapins, près de l'Antre Corycien (Saran-davli), 5/8, n° 175.

Scilla autumnalis L., Hal. Consp. III, 238.

Parnasse, pelouses et rocailles calcaires, au lieu dit Elapho-Kastro⁽¹⁾, 1 200 mètres, 7/8, n° 203 (commençant à fleurir).

Allium rotundum L., Hal. Consp. III, 247.

Parnasse, rocailles calcaires, vers 1 800 mètres, 6/8, n° 131.

Allium callimischon Link., Hal. Consp. III, 254.

Laconie : Taygète, sur les schistes, parmi les broussailles, entre Anogia et Boliana, 500-800 mètres, 20/10, nos 865 et 878.

Allium parnassicum Boiss., Hal. Consp. III, 255.

Ghiona, pelouses subalpines, sur les tufs ophitiques et les schistes, près des bergeries de Karvouni, 1 900-2 000 mètres, 12/8, n° 358. Espèce non encore signalée dans le massif du Ghiona et appartenant à l'étage silvatique dans les autres montagnes où elle a été indiquée.

Colchicum parnassicum Sart. Orph. et Heldr., Hal. Consp. III, 276.

Ghiona, forêts de sapins, au-dessus de Platylithos, 1 500 mètres, 11/8, n° 310.

1. Cf. la note sur le mot Elapho-Kastro, au paragraphe relatif à l'*Erodium chrysanthum*.

Arum maculatum L., Hal. Consp. III, 292.

Parnasse, forêts de sapins, de 1 100-1 600 mètres, 6/8, n° 187 (en fruits).

Dracunculus vulgaris Schott., Hal. Consp. III, 291.

Phocide, broussailles sur les schistes, au-dessous de Segditsa, 600 mètres, 10/8, Vulg. δρακοντιά.

Carex divisa Huds., Hal. Consp. III, 328.

Parnasse, fossés et lieux inondés l'hiver dans la plaine fermée dite Livadhi, au-dessus d'Arakhova, 1 100 mètres, 5/8, n° 129.

N. B. — Nos spécimens sont en fruits et par conséquent d'une détermination difficile; M. H. LÉVEILLÉ y voit le *C. teretiuscula* Good. qui n'est pas connu en Grèce; mais M. DE HALÁCSY fait remarquer que les fruits sont plan-convexes et non biconvexes, et que la plante en question n'est donc pas le *C. teretiuscula*. Il la rapporte au *C. divisa* Huds., dont elle présente bien les caractères et qui abonde en Grèce dans les stations humides de la plaine et de la montagne.

Andropogon hirtus L. var. *pubescens* (Vis.) Hal. Consp. III, 332.

Phocide, lieux incultes, sur les schistes, près du monastère d'Agios-Ilias, entre Amphissa et Delphes, 200-400 mètres, 14/8, n° 210.

Crypsis schœnoides L., Hal. Consp. III, 341.

Parnasse, sur la vase desséchée du lac Zouvala, au-dessous de l'Antre Corycien, 1 120 mètres, 6/8, n° 200.

Phleum phleoides (L.) Simk., Hal. Consp. III, 346.

= *P. Bæhmeri* Wib.

Parnasse, rocailles calcaires des forêts de sapins, 1 600 mètres, 6/8, n° 177.

Phleum græcum Boiss. et Heldr., Hal. Consp. III, 348.

Parnasse, rocailles calcaires des forêts de sapins, 1 250 mètres, 6/8, n° 160.

Oryzopsis miliacea (L.) Mazz., Hal. Consp. III, 353.

= *Piptatherum miliaceum* Coss., Boiss. Fl. Or., V, 506.

Phocide, lieux incultes, éboulis et rochers calcaires à Delphes, 3/8, n° 20.

Broussailles sur les schistes, entre Amphissa et Segditsa, 600 mètres, 10/8, n° 1045.

Agrostis verticillata Vill., Hal. Consp. III, 355.

Phocide, Delphes, lieux humides, suintements d'eau, près du Kephavovrysi de Myli, calcaire, 400 mètres, 9/8, n° 278.

Ibidem, dans la fontaine Castalie, 3/8, n° 24.

Sesleria nitida Ten., Hal. Consp. III, 363.

Ghiona, rocailles calcaires alpines, sur le cône terminal de la montagne, 2 100-2 500 mètres, 12/8, n° 348.

Sesleria cærulans Friv., Hal. Consp. III, 363.

= *S. vaginata* Boiss. et Orph. = *S. marginata* Griseb.

Parnasse, rochers calcaires alpins, à l'exposition N., sur le sommet dit Kotrona, 2 300-2 430 mètres, 6/8, n° 61.

Avena sterilis L. var. *Ludoviciana* (Dür.) Hausskn., Hal. Consp. III, 372.

Parnasse, champs cultivés du Livadhi, 1 150 mètres, 6/8, n° 173.

Trisetum flavescens (L.) Gaud. var. *tenue* Hack., Hal. Consp. III, 375.

Ghiona, creux à neige, sur le cône terminal de la montagne, calcaire, 2 300-2 400 mètres, 12/8, n° 347.

Melica ciliata L., Hal. Consp. III, 379.

Parnasse, rochers calcaires des étages méditerranéen, montagneux et silvatique, 500-1 500 mètres, 6/8, n° 1095.

S. var. *micrantha* (Boiss.), Hal. Consp. III, 379. — *Melica ciliata* β *micrantha* Boiss. Fl. Or., V, 589.

Ghiona, rochers calcaires, près de la fontaine de Platyolithos et jusque dans l'étage subalpin, 1 400-1 900 mètres, 11/8, n° 246.

Dactylis glomerata L., Hal. Consp. III, 382.

Ghiona, forêts de sapins, gorge de Platyolithos, 11/8, n° 245.

Bromus squarrosus L., Hal. Consp. III, 397.

Parnasse, rocailles calcaires, près de l'Antre Corycien (Saran-davli), 1 200 mètres, 6/8, n° 154.

Festuca ovina L. var. *lævis* Hackel, Hal. Consp. III, 402.

Ghiona, rochers calcaires des étages silvatique et subalpin, 1 300-2 000 mètres, 11/8, n° 214.

Festuca varia Hænke var. *acuminata* Hackel, Hal. Consp. III, 406.

Parnasse, éboulis et rochers calcaires des étages subalpin et alpin, 1 800-2 400 mètres, 6/8, n° 63.

Poa alpina L. var. *parnassica* Boiss., Hal. Consp. III, 421.

Ghiona, rocailles calcaires, sur le sommet du cône terminal, 2 512 mètres, 12/8, n° 350.

Parnasse, rocailles calcaires à 2 300 mètres, 6/8, n° 73.

Ibidem, rochers calcaires, vers 1 800 mètres, n° 133.

Poa nemoralis L., Hal. Consp. III, 422.

Ghiona, forêts de sapins dans la gorge de *Platyolithos*, 1 400 mètres, calcaire, n° 309.

Poa trichopoda Heldr. et Sart., Hal. Consp. III, 422.

Parnasse, pelouses alpines, dans les dépressions remplies de terre alluviale, 2 100-2 300 mètres, 6/8, n° 101.

Secale montanum Guss., Hal. Consp. III, 429.

Parnasse, rocailles et broussailles, près de l'Antre Corycien (Sarandavli), 1 250-1 300 mètres, 5/8, n° 130.

Haynaldia villosa (L.) Schur., Hal. Consp. III, 430.

Parnasse, champs du Livadhi, 1 150 mètres, 6/8, n° 138.

Lolium temulentum L., Hal. Consp. III, 443.

Parnasse, champs cultivés au Livadhi, 1 100 mètres, 6/8, n° 238.

Abies cephalonica Loud., Hal. Consp. III, p. 450.

Parnasse, versant méridional, de 1 000 à 1 800 mètres, 6/8, n° 206.

Var. *Apollinis* (Link, pro sp.), Hal. Consp. III, p. 450.

Parnasse, versant méridional, de 1 000 à 1 800 mètres, avec le type, 6/8, n° 1129. Vulg. *έλατο*.

Juniperus Oxycedrus L., Hal. Consp. III, 455.

Parnasse, forêts d'*Abies cephalonica*, 1 000-1 800 mètres, 6/8, n° 118. Vulg. *κέδρος*.

Juniperus communis L., Hal. Consp. III, 456.

Mont Elatos, entre Amphissa et Lidhoriki, forêts de sapins, de 800 à 1 400 mètres, 14/8.

Juniperus foetidissima Willd., Hal. Consp. III, 457.

Parnasse, forêts de sapins, de 1 100 à 1 800 mètres, peu abondant, 6/8, n° 1023.

Mont Elatos, entre Amphissa et Lidhoriki, où il descend dans les forêts de sapins jusque vers 900 mètres, 14/8.

Juniperus phœnicea L., Hal. Consp. III, 458.

Phocide : Delphes, roches Phœdriades, 7/8, n° 181.

Ephedra campylopoda C. A. Meyer, Hal. Consp. III, 459.

Phocide, Delphes, roches Phœdriades, calcaire, 600 mètres, 3/8, n° 28.

Argolide, sur un affleurement de schistes cristallins, près du théâtre du sanctuaire d'Esculape, entre Nauplie et Épidaure, 18/10, n° 854. Vulg. *πολυτρίχτι*.

Asplenium viride Huds., Hal. Consp. III, 471 (*teste* H. Christ).

Ghiona, creux à neige des rochers calcaires, sur le cône terminal, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 335. (Forme à rachis vert, à pétiole noir jusqu'aux folioles.) N'était encore connu qu'à l'Olympe de Thessalie.

Asplenium Ruta-muraria L., Hal. Consp. III, 473, var. **Brunfelsii** Heubl. (*teste* H. Christ!).

Ghionà, rochers ombragés dans les gorges de Platylithos, dans les forêts d'*Abies cephalonica*, et rochers subalpins, près des bergeries de Karvouni, 1 300-1 800 mètres, 11/8, n° 244. Cette fougère n'était encore connue dans la Grèce continentale que sur les rochers au lieu dit Gournà, dans le massif du Parnasse.

Asplenium Trichomanes L., Hal. Consp. III, 471.

Parnasse, dans les fentes des rochers calcaires, à l'entrée de l'Antre Corycien (Sarandavli), 1 200-1 300 mètres, 5/8, n° 145. (Forme tendant vers la var. *incisum* Christ.)

Aspidium lonchitis (L.) Sw., Hal. Consp. III, 475, var. **aristatum** Christ, Farnkr. d. Schweiz. (*teste* Christ!).

Ghiona, fissures des rochers calcaires, près du sommet (2 400 mètres) et près de la « katavothra » de la vallée fermée dite Braïla (2 050 mètres), 12/8, n° 289.

Aspidium pallidum (Chaub. et Bory) Link.

= *Nephrodium pallidum* Chaub. et Bory, Hal. Consp. III, 277.

Parnasse, rochers calcaires de la région silvatique, 1 700-1 800 mètres, 6/8, n° 137.

Ghiona, rochers calcaires des gorges de Platylithos, sous les sapins, 1 400 mètres, 11/8, n° 251.

Ibidem, sous les sapins, sur le versant O., 1 500-1 700 mètres, 13/8, n° 1040.

Ibidem, creux à neige, sur le cône terminal, vers 2 300 mètres, 12/8, n° 1100. (Forme réduite à frondes petites, très découpées, à port de *Cystopteris*.)

N. B. — M. DE HALÁCSY, Consp. III, 476 et 477, classe l'*Aspidium pallidum* dans un groupe dont une des caractéristiques serait la présence de 5-11 stèles dans le pétiole. Ce nombre peut se réduire à 3 dans l'*A. pallidum*, ainsi que nous avons pu le constater dans les spécimens du Parnasse (n° 137).

Cystopteris regia Prtl. var. *alpina* Hopp. (*teste* Christ!).

= *C. fragilis* var. *regia* Hal. Consp. III, 479.

Parnasse, fissures des rochers calcaires humides exposés au nord sur la cime dite Kotrona, 2 400 mètres, 6/8, nos 74 et 371.

DESSINS REPRÉSENTATIFS SUR OS

DE LA

STATION NÉOLITHIQUE DU CANTON WALLIS

AUX ENVIRONS DE KLEINKEMS (BADE)

Par M. MATHIEU MIEG

Dans un travail, en collaboration avec M. le professeur Kollmann, paru en 1906 dans les *Archiv für Anthropologie*⁽¹⁾, j'ai décrit une station néolithique découverte en 1904, dans le canton Wallis, aux environs de Kleinkems. Cette station étant située à peu près en face des collines de Sierentz, sur la rive badoise du Rhin, il était intéressant de rechercher si elle ne s'étendait pas plus loin et s'il ne serait pas possible d'y trouver des os gravés, semblables à ceux découverts à Sierentz.

Les recherches que j'ai entreprises en mars 1907 ont pleinement confirmé cette supposition : les fouilles ont été faites dans un talus de loëss, d'environ 5 mètres de hauteur, situé à environ 80 à 90 mètres au nord de la station décrite dans ma précédente note, à 5 mètres de la nouvelle source captée pour l'alimentation du village de Kleinkems⁽²⁾. Le loëss a été décapé sur une sur-

1. « Zwei neue, in der Umgegend von Kleinkems (Baden) und Sierentz (Ober-Elsass) entdeckte neolithische Stationen von M. Mieg. Der Schädel von Kleinkems und die Neandertal-Spy-Gruppe von Prof. Kollmann ». (*Archiv für Anthropologie*, NF, Bd V.)

2. Les sources du canton Wallis prennent naissance à la rencontre des argiles jaunes sidérolithiques et des grès tertiaires qui les surmontent. Ces argiles sidérolithiques, d'épaisseur très variable, occupent les dépressions du calcaire rauracien, fortement redressé, entrecoupé de fissures et de failles, qui, comme je l'ai déjà dit précédemment, forme de véritables falaises entre Istein et Kleinkems. Le loëss qui recouvre les pentes du calcaire rauracien du canton Wallis a une épaisseur variant de 1^m,50 à 5 mètres.

face d'environ 8 à 9 mètres carrés jusqu'à une profondeur de 3 mètres à laquelle ont été rencontrés les objets faisant partie de cette nouvelle station. Ces objets, assez peu abondants, se composent d'ossements d'animaux, accompagnés d'un certain nombre de silex taillés ou à l'état brut et de rares fragments de poterie.

Les silex blancs ou zonés proviennent des calcaires rauraciens d'Istein, ceux de couleur brunâtre ou rouge foncé se rencontrent à l'état désagrégué dans les argiles sidérolithiques d'Auggen, Schliengen, Liel et Kandern.

Outre quelques fragments de silex taillés, il n'y a à signaler qu'une scie (pl. I, fig. 4) et un silex assez large, de forme allongée, dont le côté tranchant, usé et poli, paraît avoir servi comme racloir.

Les poteries sont représentées par deux petits fragments de vase en terre grossière et par une pièce brisée affectant la forme d'un couvercle légèrement bombé, à poignée grossière, poli et usé à plat sur le côté opposé à la poignée. Cet objet, dont l'usage m'est inconnu, n'est pas absolument rond : les bords en sont irréguliers, usés et polis sur l'un des côtés. La poterie, de couleur foncée, assez bien cuite, renferme dans sa pâte de nombreux grains de quartz et de mica noir, et porte des traces noires charbonneuses sur les bords.

Les ossements d'animaux, passés à l'état subfossile, rencontrés avec les silex et les débris de poteries ont été étudiés par M. le Dr Stehlin, qui n'y a trouvé de déterminable qu'une série d'ossements de bœuf dont la nomenclature est la suivante :

Bœuf de taille moyenne : Extrémité distale d'humérus.
 Extrémité proximale de radius.
 Calcanéum.
 Fragments de côtes.
 Fragment de molaire supérieure.

Comme point de comparaison, il peut être intéressant de citer les espèces animales rencontrées dans la station néolithique du canton Wallis située à proximité, décrite dans ma précédente note. Ces espèces sont :

Sus scrofa. Indécis si sauvage ou domestique.
Bœuf. Taille du *Bos brachyceros* des palafittes.

Bos brachyceros. Fragment de mandibule gauche, dents diverses, humérus droit, fragment de diaphyse.

Cervus elaphus. Ordinaire.

Chèvre ou mouton. Forte taille, mandibule gauche.

Equus caballus. Probablement sauvage, rarissime dans les palafittes de l'âge de la pierre.

On y remarque, à côté du cheval sauvage, la présence d'animaux domestiques incontestables, tels que le *Bos brachyceros*. Les différentes stations découvertes dans le canton Wallis étant situées si près l'une de l'autre, sur la même terrasse de loess, il semble difficile de ne pas les considérer comme étant contemporaines et absolument du même âge.

Si la station néolithique découverte en 1904, outre sa faune animale et ses instruments en os, était caractérisée par le fragment de crâne humain décrit par M. le professeur Kollmann, celle qui fait l'objet de la présente note tire principalement son intérêt des dessins représentatifs sur os qu'elle renferme. Contrairement à ceux de Sierentz⁽¹⁾, ces dessins ne servent pas d'ornement à des instruments en os, mais sont exécutés sur des os à l'état brut.

Ce sont : un poisson (pl. I, fig. 1) gravé sur l'extrémité proximale d'un radius de bœuf ;

Un dessin géométrique assez rudimentaire exécuté sur l'extrémité distale d'un humérus de bœuf ;

Un fragment de côte de bœuf orné d'une gravure assez bizarre (pl. I, fig. 2) dont le caractère et le sens paraissent difficilement explicables⁽²⁾.

Une ébauche, assez gauchement exécutée sur un fragment d'os, paraît devoir représenter un bœuf⁽³⁾ [pl. I, fig. 3].

Outre ces dessins, il y a lieu de signaler un calcanéum de bœuf portant de profondes entailles faites à la scie, et un petit fragment d'os brisé, taillé et poli sur l'un de ses côtés, destiné sans doute à devenir un instrument.

La station que je viens de décrire est assez pauvre en restes de

1. La station de Sierentz a fourni plusieurs dessins de poissons, dont l'un également exécuté sur un fragment d'os à l'état brut.

2. Ce dessin rappelle l'amulette (talisman) en os taillé de la station du canton Wallis figurée (pl. I, fig. 1) dans ma note parue dans les *Archiv für Anthropologie*, NF., Bd V.

3. L'os est couvert de dendrites qui s'étendent également sur certains traits de la gravure, ce qui lui donne un caractère d'authenticité indéniable.

l'industrie humaine, mais elle complète celle précédemment décrite du canton Wallis et tire son importance du fait de l'existence à l'époque néolithique, sur les terrasses de lœss des deux rives du Rhin, d'hommes qui utilisaient les os des grands animaux pour les orner soit à l'état brut, soit transformés en instruments divers, de dessins dénotant un certain sens artistique.

Ces dessins, se rapportant généralement à la représentation d'animaux de la faune actuelle, sont toutefois plus rares et plus rudimentaires dans la station du canton Wallis que dans celle de Sierentz.

Explication de la planche

PLANCHE I

1. Extrémité proximale d'un radius de bœuf avec dessin de poisson.
2. Fragment de côte de bœuf orné d'une gravure.
3. Fragment d'os avec une ébauche paraissant devoir représenter un bœuf.
4. Scie en silex.





NOTE

SUR

L'USURE DES CORPS RONDS

ET EN PARTICULIER DES GALETS

Par E. NOËL

Le premier savant qui, à ma connaissance, ait fait des expériences sur l'usure des galets est Daubrée⁽¹⁾. Dans un mémoire assez important, il étudie d'abord la striation des surfaces rocheuses planes, comme pourraient la produire par exemple les glaciers. Il a constaté que les vitesses et les pressions nécessaires pour déterminer un commencement de burinage sont inversement proportionnelles pour des vitesses comprises entre 0^m,0025 et 2^m,5 par seconde ; autrement dit, que le produit de la vitesse par la pression est constant : $p v = C$.

D'ailleurs, on sait, d'après Tresca, etc., que, dans le rabotage, la vitesse des coups de rabot a la même influence sur les copeaux. Un galet dans son mouvement provoque d'abord une strie, puis un sillon dont le rayon de courbure est en rapport avec la forme du fragment.

Une roche molle peut en strier une plus dure, exemple : le calcaire lithographique, le granit sous une pression de 35 kilogr. par millimètre carré. Quand un galet n'est maintenu que par une masse argileuse molle, il ne peut prolonger son entaille.

Daubrée se rendait compte de la relation qui doit exister entre

1. *Annales des Mines*, 1857, p. 535.

l'usure d'un corps solide libre et mobile et l'usure d'une surface plane, quand, dans la seconde partie de son travail, il aborde la formation et l'usure des galets.

On sait en quoi a consisté cette deuxième série d'expériences. Des galets ou fragments anguleux de granit de la taille d'une noisette à celle du poing ont été enfermés avec de l'eau dans un cylindre mobile, avec une vitesse linéaire de 0^m,80 à 1 mètre par seconde. Un trajet de 25 kilomètres a suffi pour arrondir les plus anguleux avec une perte de 40 % de leur poids, tandis que les galets arrondis n'ont perdu que de 0,001 à 0,004 de leur poids par kilomètre. Le résultat de l'usure est non du sable, mais un limon feldspathique avec lamelles de mica différent des argiles infusibles provenant de décompositions chimiques. Le reste du travail contient des considérations intéressantes sur l'usure des sables, qui ont été appliquées dans l'océanographie moderne, mais il n'y a pas lieu d'insister ici sur ce point.

Il résulte de là ce fait, d'ailleurs intuitif, que la capacité d'usure des galets varie dans le même sens que la dureté des roches, par suite celle des minéraux qui les constituent; donc, que, pour étudier l'usure relative des galets de deux roches différentes, il y a lieu d'étudier simplement celle de plaques de ces mêmes roches.

La dureté d'une roche se détermine, comme on sait, au scléromètre. Cet appareil se compose essentiellement d'une aiguille très dure qu'on peut charger de poids croissants jusqu'à produire telle ou telle rayure dans la surface à étudier.

Quant au phénomène de la rayure lui-même, il a été étudié déjà par plusieurs savants, notamment par Jannetaz⁽¹⁾, Osmond⁽²⁾, Prinz⁽³⁾, etc.; il est fort compliqué et encore assez obscur, car, sous l'action de la pointe rayante, la matière est modifiée jusqu'à une certaine profondeur et ce phénomène, sorte d'écrouissage, touche à la fois à la mécanique, à la physique moléculaire et à la chimie. Cependant, la rayure est aujourd'hui considérée comme l'intégrale d'une série de pénétrations infiniment rapprochées, et la déformation résultante comme l'enveloppe des défor-

1. JANNETAZ, « Note sur un nouveau scléromètre » (*G. R. Ac. Sc.* 3 avril 1893 et *A. F. A. S.*, congrès de Besançon 27 août 1893, etc.).

2. OSMOND, *La Dureté, sa définition et sa mesure*. Rapport présenté à la section A de la commission des méthodes d'essai, 3 décembre 1892, etc.

3. PRINZ, *Revue de l'université de Bruxelles*, 1896, p. 721-760.

mations de pénétration (¹). Or toute application d'un effort tangentiel tend à produire un mouvement vibratoire; donc la rayure est périodique, avec arrachements conchoïdaux à la surface, continue et coupante en dessous. Un exemple net à citer à ce sujet serait la taille du verre par le diamant.

Quoi qu'il en soit, chaque dent d'une lime ou chaque grain d'émeri fait une strie sur la surface à user; et l'action globale est l'intégrale d'un grand nombre d'actions élémentaires. Dans le cas de surfaces planes frottant sous une pression uniforme et avec des grains de même taille, cette intégrale sera la somme de stries équivalentes, sinon elle sera plus compliquée; il en sera par exemple ainsi dans le cas de surfaces courbes frottant l'une contre l'autre, par exemple dans le cas des galets.

La résistance à l'usure de surfaces planes a d'ailleurs déjà été étudiée directement par M. Jannetaz (²) au moyen d'un appareil nommé usomètre. C'est un tour d'opticien sur le plateau duquel appuient quatre petites lames de la substance à essayer, collées à l'extrémité d'une tige mobile verticalement dans un bâti et portant des poids marqués dans une coupelle à la partie supérieure. L'appareil ne sert d'ailleurs qu'à des mesures d'usure relative, par comparaison avec des corps témoins. L'erreur relative fut trouvée égale à 0,003, ce qui est fort peu, étant donnée la nature de ces mesures. On prit pour évaluer la dureté l'inverse des pertes de poids.

Cette précision était nécessaire pour l'étude des variations de la dureté de corps bien définis, comme un cristal de quartz ou des échantillons de verres; mais pour passer à des mesures sur les roches, quand on songe que le simple effet de la trempe du verre provoque une augmentation de dureté de 9 à 10 %, et qu'une plaque d'ardoise a donné sur le plan de schistosité une usure cinq fois plus forte que dans une direction perpendiculaire, une si grande précision peut sembler illusoire. Dans ce cas, ce qu'il importe de déterminer, c'est plutôt la moyenne de beaucoup d'expériences même grossières portant sur un grand nombre d'échantillons que de faire quelques essais très précis et en petit nombre.

1. OSMOND et CARTAUD, « Les enseignements scientifiques du polissage » (*Rev. gén. des Sc. pures et appl.*, p. 54, janvier 1905).

2. JANNETAZ et GOLDBERG, « Dureté des matières vitreuses et cristallisées déterminée au moyen de l'usomètre » (*A. F. A. S.*, Bordeaux 1895, p. 417).

Mais, avant de passer à des comptes rendus d'expériences, il importe de préciser certains faits relatifs, notamment, à l'usure de surfaces courbes frottant l'une sur l'autre.

Supposons deux surfaces solides en contact : si elles étaient parfaitement polies, et si la pression ne les déformait un peu au voisinage du point de contact, elles ne se toucheraient rigoureusement qu'en un point. Mais, en réalité, les deux solides sont toujours plus ou moins rugueux, et les anfractuosités de l'un, si petites soient-elles, épousent la forme des saillies de l'autre, de sorte que le contact a lieu non plus suivant un point, mais suivant un système continu ou discontinu de points situés tous à l'intérieur d'une petite surface. Si l'on appelle h_1 la profondeur

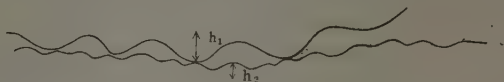


Fig. 1

moyenne des anfractuosités du premier de ces solides, et h_2 celle de l'autre, avec par exemple $h_1 > h_2$, le contour de la petite surface comprenant tous ces points de contact à son intérieur pourra être considéré au point de vue géométrique comme l'intersection des deux surfaces S_1 et S_2 tangentes à chacun des solides aux sommets de leurs rugosités, et se pénétrant l'une l'autre de la longueur h_2 comptée sur la normale commune. Si, en particulier, l'une des surfaces solides, S_2 par exemple, est un plan, la surface de contact ne sera autre que l'indicatrice de S_1 correspondant à la flèche h_2 , la plus petite des quantités h .

Considérons en particulier ce cas, et posons $h_2 = h$. Soient R et R' les rayons de courbure principaux de la surface S_1 au point de contact. On sait que l'indicatrice d'une surface convexe est une ellipse ayant pour demi-axes : $a = \sqrt{2Rh}$ et $b = \sqrt{2R'h}$. L'équation de cette ellipse est :

$$\frac{x^2}{2Rh} + \frac{y^2}{2R'h} - 1 = 0.$$

L'aire en est :

$$S = \pi ab = 2\pi h \sqrt{RR'}.$$

En particulier, si $R = R'$, c'est-à-dire dans le cas d'un ombilic de S_1 , ou quand cette surface est une sphère :

$$a = b = r = \sqrt{2Rh}, \text{ et } S = 2\pi R h.$$

Dans le cas où la surface S_2 ne serait plus un plan, la courbe commune serait encore une courbe fermée voisine d'une ellipse, bien que gauche : résultat de l'arrachement d'une des surfaces par l'autre. En particulier, dans le cas du contact de deux sphères de rayons R et R_1 , cette courbe est encore un cercle de rayon r tel que :

$$h = \frac{r^2}{2} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right),$$

d'où :

$$r = \sqrt{\frac{2h}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1}}},$$

et quand les deux sphères sont égales, on a :

$$r = \sqrt{Rh}.$$

Si maintenant on applique les deux solides l'un contre l'autre avec une force pressante F , les sommets des rugosités de S_1 s'imprimeront dans S_2 , de même qu'une pointe dure dans une plaque de verre, et inversement celles de S_2 dans S_1 .

D'après des recherches publiées en 1876 par M. Léauté, relativement à la déformation de deux corps en contact due à leur pression mutuelle, si l'on prend pour position initiale celle où les deux corps se touchent en un seul point P avec pression nulle, le déplacement éprouvé (avant pivotement) par chaque point de l'un des corps pour venir en coïncidence avec un point de l'autre est parallèle à la normale commune en P , et la pression finale proportionnelle à l'écart primitif des points amenés ainsi en coïncidence.

En 1882, Hertz, ayant appliqué la théorie mathématique de l'élasticité à l'étude du contact de deux corps pressés normalement l'un contre l'autre, déduisit de ses calculs que les déplacements ne sont pas normaux au plan tangent commun et que la répartition des pressions à l'intérieur de l'aire de contact n'obéit pas à la loi prévue. Sa théorie permet de calculer, en fonction des cour-

bures des deux sphères, pour une pression totale donnée, les deux axes de l'ellipse de contact. Les formules sont fort compliquées, mais elles se simplifient quand on se borne à considérer le contact d'une bille sphérique avec un cône (exemple : dans les frottements à billes) et ont été pour ce cas particulier traduites en tables numériques par M. Heerwagen.

M. Lecornu, reprenant les calculs de M. Léauté, a constaté qu'ils pouvaient s'appliquer dans le cas par exemple du frottement de pivotement, à condition de modifier un coefficient numérique.

D'ailleurs, la théorie de Hertz elle-même suppose que la limite d'élasticité du solide n'est pas atteinte. Or il n'en est pas toujours ainsi. La force pressante étant répartie sur une très petite surface, la pression au centre peut souvent atteindre une très grande valeur. C'est ce qui doit même arriver dans le cas général pour des surfaces imparfaitement polies qui alors peuvent ne se toucher que suivant certains points de leurs aires de contact. Je ferai donc dans ce qui va suivre l'hypothèse simplifiée de M. Léauté.

Si alors on met les deux solides en mouvement de telle sorte qu'ils ne frottent l'un contre l'autre qu'une seule fois au point de contact, chaque pointe produira une rayure et les deux indicatrices porteront des stries dont la profondeur ira en décroissant du centre vers les bords. Tout se passe donc comme si le frottement avait eu pour effet d'enlever de la calotte de hauteur h une couche ayant pour épaisseur en un point la profondeur moyenne des stries : épaisseur nulle aux bords et pouvant atteindre au centre une valeur ε de l'ordre de h .

On a donc :

$$h - \varepsilon = h' = Oh \text{ au centre.}$$

Reste à savoir quelle peut être la loi de variation de cette épaisseur. Il est naturel d'admettre qu'elle est en un point proportionnelle à la distance ε de ce point B au plan de l'indicatrice de la surface, et que, par suite, la quantité ε soit de la forme λh .

On a donc :

$$h - \varepsilon = h' = h(1 - \lambda).$$

Or on a :

$$h = R \frac{\omega^2}{2}, \quad d = R \frac{\varphi^2}{2}, \quad \varepsilon = h - d = R \left(\frac{\omega^2}{2} - \frac{\varphi^2}{2} \right),$$

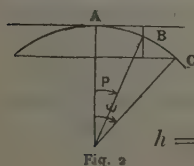


Fig. 2

d'où pour l'épaisseur :

$$e = \lambda (h - d) = \lambda R \left(\frac{\omega^2}{2} - \frac{\varphi^2}{2} \right).$$

J'appellerai la longueur ε : flèche d'abrasion élémentaire.

Le volume commun aux deux surfaces S , S_2 sera le volume élémentaire commun, et celui de la couche enlevée sera le volume élémentaire érodé. Il y a lieu aussi de considérer les sections de ce volume par des plans normaux en A à S_1 et S_2 . Cette section σ est donnée par :

$$\sigma = \int_{\varphi=0}^{\varphi=\omega} e R p \varphi = \int_0^{\omega} \frac{\lambda R^2}{2} (\omega^2 - \varphi^2) d\varphi,$$

$$\text{d'où } \sigma = \frac{1}{3} \lambda R^2 \omega^2$$

ou en fonction de h et de r :

$$\sigma = \frac{1}{3} \lambda R^2 \left(\frac{2h}{R} \right)^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} \lambda h \sqrt{2Rh} = \frac{2}{3} \lambda h r,$$

R étant le rayon de courbure de la section normale considérée, r le demi-diamètre de l'indicatrice parallèle à cette direction. Quant au volume élémentaire commun, il serait donné par la formule

$v_e = \frac{\pi R h^2}{3}$ pour une calotte sphérique, et pour une calotte ellip-

soïdale : $v = \frac{1}{3} \pi h^2 \sqrt{RR'}$.

Dans le volume érodé élémentaire, la cote d'un point de la surface limitante étant égale à celle du point correspondant de la surface primitive multipliée par la constante λ , on a :

$$v_e = \lambda v = \frac{\lambda}{3} \pi h^2 \sqrt{RR'}.$$

Reste à savoir de quoi dépend ε . Il est d'abord inversement proportionnel à la dureté de la substance considérée comme résistance à l'usure, ainsi que l'ont montré les expériences de M. Janinetaz. Il varie dans le même sens que la pression et aussi la vitesse du mouvement de frottement. Les expériences de Daubrée sem-

bleraient même indiquer que ϵ doit contenir le produit $p v$. C'est d'ailleurs ce que je supposerai en partie dans la théorie qui va suivre. Mais avant, il faut examiner aussi le cas du roulement.

Soit par exemple une sphère roulant sur un plan suivant une loi quelconque. Comme précédemment, un point u de cette sphère touche le plan suivant une indicatrice circulaire du rayon r correspondant à la flèche h . Mais il n'y a plus striation de la surface de contact par les aspérités d'un corps frottant, il y a simplement creusement de cette surface comme par l'enfoncement d'une pointe. L'effet résultant est cependant comme plus haut une érosion du volume élémentaire commun que l'on peut supposer suivre une loi analogue à celle de l'usure par glissement; il n'y a de changé que les quantités ϵ ou λ qui prennent des valeurs ϵ' et λ' plus petites. Les raisonnements et les formules précédents subsistent donc à condition d'y remplacer ϵ et λ par ϵ' et λ' . On aura en particulier :

$$v'_e = \frac{\lambda'}{3} \pi h^2 R \text{ et } \sigma' = \frac{2}{3} \lambda' h R.$$

La perte de substance quand la sphère aura parcouru une distance L sera le volume d'un cylindre aux génératrices courbes, enroulé sur la surface de la sphère et ayant pour section droite σ' et pour longueur L , soit :

$$V'_e = \sigma' L = \frac{2}{3} \lambda' h r L.$$

Si l'on admet que λ' est proportionnel à p et à une certaine fonction $\varphi(v)$ de la vitesse v , on pourra mettre λ' sous la forme :

$$\lambda' = K' p \varphi(v),$$

d'où :

$$V'_e = \frac{2}{3} K' p \varphi(v) h r L.$$

Si la pression sur le plan résulte uniquement du poids de la sphère, la force pressante est alors :

$$Fp = \frac{3}{4} \pi R^3 \mu,$$

μ étant le poids spécifique de la sphère, supposée homogène ; la pression est par définition :

$$P = \frac{F_P}{\text{indicatrice}} \Rightarrow \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \mu}{\pi r^2} = \frac{4}{3} \frac{R^3}{r^2} \mu,$$

d'où pour V_s l'expression :

$$V_s = \frac{2}{3} K' \varphi(v) \frac{4}{3} \frac{R^3}{r^2} \mu h r L = \frac{8}{9} K' \varphi(v) \mu \frac{R^3}{r} h L$$

ou en remplaçant r par $\sqrt{2 h R}$:

$$V_s = \frac{8}{9 \sqrt{2}} K' \varphi(v) \mu R^{\frac{3}{2}} \sqrt{h} L.$$

On voit donc que, pour une rotation uniforme et un même degré de rugosité (h), l'usure d'une sphère est proportionnelle à sa densité, au chemin parcouru et à la puissance $\frac{3}{2}$ du rayon.

On voit de plus qu'elle est proportionnelle à la racine carrée de h ; or, quand on emploie un émeri ou une poudre abrasive, h est lui-même proportionnel au diamètre moyen des grains, donc l'usure par un abrasif est proportionnelle à la racine carrée du diamètre moyen des grains, — fait d'ailleurs confirmé à peu près par la pratique.

J'ai supposé dans le calcul précédent que le mouvement de la sphère était une rotation sans pivotement ; mais tel ne sera pas le cas général. Il y aura pivotement toutes les fois que le point de contact décrira sur la sphère une courbe différente d'un grand cercle. De même qu'il existe un coefficient de frottement de pivotement, il y a lieu aussi de définir un coefficient d'usure au pivotement. Soient ε_1 , λ_1 , K_1 ces coefficients. Les travaux de MM. Léauté, Hertz, Lecornu ont montré que l'axe du couple dû au frottement de pivotement est proportionnel au coefficient de glissement, et égal à $\Gamma p = \frac{3}{32} f E N$, N étant la force pressante normale, E le périmètre de la courbe de contact.

Or l'axe du couple de frottement de glissement serait $\Gamma_f = f R N$.
On en déduit :

$$\Gamma_p = \frac{3}{32} \frac{f E N}{f R N} = \frac{3}{32} \frac{E}{R} = \frac{3}{32} \frac{2 \pi r}{R} = \frac{3 \pi R}{16 r},$$

donc ce rapport est indépendant du coefficient de frottement et de la force pressante et ne dépend que des rayons et de la rugosité des sphères en contact.

Il y aurait lieu de vérifier s'il existerait le même rapport entre les coefficients d'usure — comme il est probable ; mais enfin je l'admettrai. L'introduction de ce coefficient complique les choses, car alors il faudrait connaître sur la sphère le lieu du point de contact. On peut cependant encore dire que la formule précédente s'applique à condition d'y remplacer K' par $K' + \tau K_1$, τ étant un coefficient dépendant de la forme et en particulier des courbures de ce lieu et s'annulant quand il devient un grand cercle. D'ailleurs, l'action du pivotement semble faible relativement à celle des autres frottements.

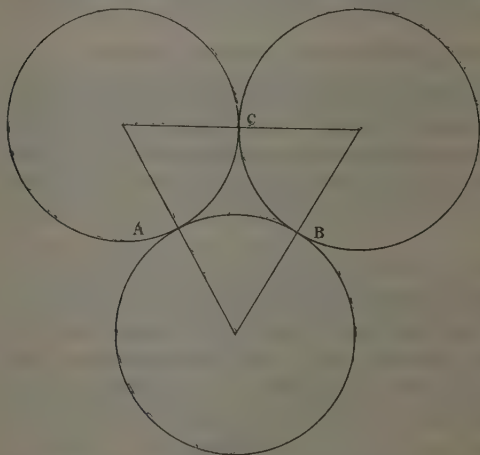


Fig. 3.

Si nous considérons maintenant trois sphères en contact roulant sur un plan (fig. 3) [1] d'un mouvement uniforme dirigé dans le sens de la flèche, aux trois points de contact A, B, C il y a à la fois glissement et pivotement. Si j'appelle p , la

force pressante normale horizontale qui s'exerce au point A, — nulle dans le cas limite d'un mouvement uniforme sans frottements, — v , la différence

1. Voir, pour l'assimilation des galets à des sphères, J. THOULET, *Ann. des mines*, mai-juin 1884.

des vitesses linéaires des deux sphères en A, $p_2 v_2$, $p_3 v_3$ les quantités analogues pour B et C, l'abrasion d'une sphère résultant de son frottement contre les deux voisines sera donc :

$$V_e = [K + \varpi K_1] [p_1 \varphi(v_1) + p_2 \varphi(v_2) + p_3 \varphi(v_3)].$$

Si v est la vitesse des centres, on a :

$$v_1 = \alpha_1 v, v_2 = \alpha_2 v, v_3 = \alpha_3 v,$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ étant des nombres < 2 dépendant de la position de chacune des sphères par rapport à la direction du déplacement. Les pressions p_1, p_2, p_3 étant destinées simplement à vaincre des frottements, puisque le mouvement est uniforme, sont proportionnelles au poids de chacune des sphères ; on a donc :

$$p_1 = \lambda_1 \frac{4}{3} \pi R^3 \mu.$$

Donc l'abrasion peut se mettre sous la forme :

$$V_e = \frac{4}{3} \pi R^3 \mu (K + \varpi K) [\lambda_1 \varphi(\alpha_1 v) + \lambda_2 \varphi(\alpha_2 v) + \lambda_3 \varphi(\alpha_3 v)].$$

On trouve donc encore une formule analogue à la précédente.

Le développement mathématique de cette théorie sortirait du cadre que je me suis posé, aussi vais-je simplement considérer le cas de quatre sphères dont les centres sont les sommets d'un tétraèdre régulier, puis le cas d'une assise de sphères analogue aux piles de boulets (fig. 4).

Soient donc S_1, S_2, S_3, S_4 ces quatre sphères.

Je suppose pour simplifier que le déplacement ait lieu perpendi-

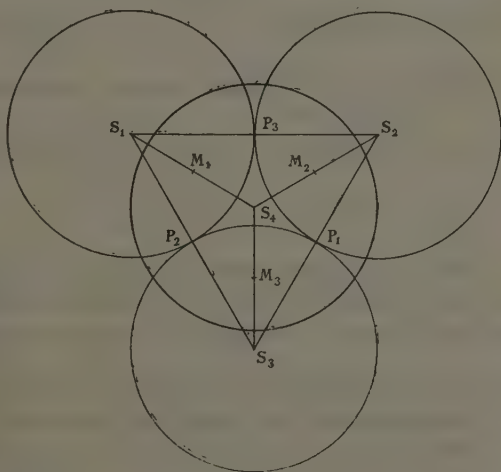


Fig. 4.

culairement à la droite $S_1 S_2$. Les points de contact de S_4 avec chacune des sphères inférieures se projettent en M_3, M_2, M_1 . Les vitesses linéaires de glissement de S_1, S_2, S_3 sont :

$$0, \frac{v\sqrt{3}}{2} \text{ et } v\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

S_4 entraînée par le frottement sur S_1, S_2, S_3 prend un mouvement de rotation d'une vitesse u ; la vitesse du glissement au point de contact P_1 sera donc : $v\frac{\sqrt{3}}{2} - u$, et l'usure résultante sera la même, quel qu'en soit le signe; elle sera la même en P_2 et en P_3 : $u + v$.

Chacune des sphères inférieures exerce sur le plan une force pressante égale aux $\frac{4}{3}$ de son poids, donc subit de ce fait une ablation égale à $\frac{4}{3} V_e$ (en appelant V_e l'ablation par roulement correspondant à l'ablation V_e par glissement). Elle subit en outre, par suite du glissement contre ses voisines, de la part de la sphère arrière S_3 : $2\frac{\sqrt{3}}{2} V_e$; de plus, du fait de la bille supérieure, une ablation par glissement $\frac{1}{3} V_e \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{u}{v} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$, et de la sphère arrière S_3 : $\frac{1}{3} V_e \left(1 + \frac{u}{v} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$. Quant à la sphère supérieure, elle subira de la part de S_1 et de S_2 : $\frac{1}{3} V_e \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{u}{v} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$, et de la part de S_3 : $V_e \left(1 + \frac{u}{v} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$.

Si on suppose maintenant une sphère faisant partie d'une pile de boulets, mais n'ayant qu'une seule assise au-dessus d'elle, elle subira de la part de chacune des trois sphères qui la surmontent une pression verticale de $\frac{P}{3}$; par suite, agira sur les sphères inférieures comme une bille unique de poids double. Son usure de ce fait sera donc :

$$2 \left[\frac{2}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{u}{v} \right) + \frac{1}{3} \left(1 + \frac{u}{v} \right) \right] V_e \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}.$$

Quant à son usure par les sphères supérieures, elle sera, si j'appelle u' la vitesse linéaire de rotation de ces sphères :

$$\left[\frac{2}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{u'}{u} \right) + \frac{1}{3} \left(1 + \frac{u'}{u} \right) \right] V_e \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}.$$

Il faut encore y ajouter l'ablation par glissement contre les sphères voisines, proportionnelle aux pressions latérales : $4 V_i \frac{\sqrt{3}}{2}$.

L'ablation totale sera donc :

$$2 \left(\frac{\sqrt{3} + 1}{3} - \frac{1}{3} \frac{u}{v} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} V_e + 2 \sqrt{3} V_i + \left(\frac{\sqrt{3} + 1}{3} - \frac{1}{3} \frac{u'}{u} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} V_e,$$

ou, en posant : $V_i = \Phi V_e$:

$$\left[(1 + \sqrt{3}) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \left(2 \frac{u}{v} + \frac{u'}{u} \right) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} + 2 \sqrt{3} \Phi \right] V_e.$$

J'ai négligé dans cette expression l'usure par pivotement, très faible devant celle due au glissement, surtout pour des sphères assez polies.

On pourra donc appliquer à ce cas les raisonnements et les formules relatifs à une seule sphère sur un plan, à condition de connaître la loi de variation des vitesses au contact et de multiplier la pression par $\frac{\sqrt{3}}{3\sqrt{2}}$. Si, en particulier, on suppose $v = u = u'$,

on remarquera que le rayon de la courbe de contact de deux sphères égales est $r = \sqrt{R\bar{h}}$, au lieu de $\sqrt{2R\bar{h}}$, comme pour une sphère avec un plan. On prendra donc pour V_e la formule :

$V_e = \frac{8}{9} R \mu \varphi(v) R^{\frac{5}{2}} \sqrt{\bar{h}} L \frac{\sqrt{3}}{3\sqrt{2}}$ et l'ablation totale produite dans le parcours L sera :

$$\alpha_{tot} = (\sqrt{3} + 2\sqrt{3}\Phi) \frac{8}{9} K \mu \varphi(v) R^{\frac{3}{2}} \sqrt{\bar{h}} L \frac{\sqrt{3}}{3\sqrt{2}}.$$

Elle rentrera donc dans la même formule que V_e en y remplaçant le coefficient K par $(\sqrt{3} + 2\sqrt{3}\Phi) \times \frac{\sqrt{3}}{3\sqrt{2}} K = \frac{1+2\Phi}{\sqrt{2}} K = A$,

d'où :

$$\alpha_i = A \mu \varphi(v) R^{\frac{5}{2}} \sqrt{hL}.$$

Si maintenant on considère une sphère ayant au-dessus d'elle α assises, les pressions qu'elle exerce sur les sphères inférieures sont ce qu'elles seraient pour une seule assise, mais multipliées par $\alpha + 1$. L'abrasion totale devient donc :

$$\left[(2\alpha + 1)(1 + \sqrt{3}) - (\alpha + 1) \frac{u}{v} - \alpha \frac{u'}{u} \right] \frac{\sqrt{3}}{3\sqrt{2}} V_s + 2\sqrt{3} V_r.$$

Les pressions latérales devant aussi augmenter proportionnellement au nombre des assises, on peut encore poser :

$$V_{r,\alpha} = \alpha V_r = \alpha \Phi V_s.$$

On a donc encore même formule en multipliant l'abrasion d'une seule assise par $\frac{\alpha + 1}{3}$:

$$\alpha_a = \frac{\alpha + 1}{3} \alpha.$$

On sait d'ailleurs qu'une portion d'un tel système dont les dimensions seraient d'ordre supérieur à celles d'une des billes se comporte comme un fluide incompressible soumis à des frottements. Si d'ailleurs on se place souvent à ce point de vue pour appliquer à un fluide les formules de la dynamique des systèmes, réciproquement, on pourrait appliquer à un tel système des résultats relatifs à l'hydrostatique et à l'hydrodynamique.

On a en particulier, si $(x y z)$ sont les coordonnées du centre d'une des sphères, la relation : $\frac{d^2x}{dt^2} - \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx} = X$, en négligeant la viscosité⁽¹⁾; de même pour y et z , où $\frac{d^2x}{dt^2}$ est la composante de l'accélération sur x' , X celle de la force et p la pression au voisinage de la sphère ou force pressante par unité de surface. Cette pression est la même dans toutes les directions, en suppo-

1. En réalité, surtout dans le cas d'un fluide complexe renfermant des galets frottants, la viscosité aurait une certaine importance, et les équations de Navier et Boussinesq rendraient mieux compte des faits.

sant un fluide parfait; elle est proportionnelle à la pression aux contacts que j'ai introduite dans les formules précédentes. On peut calculer le rapport de proportionnalité de la façon suivante. La pression, étant indépendante de la direction, peut être considérée comme verticale. Or, si l'on suppose le système au repos et que l'on considère l'assise de rang $\alpha + 1$ à partir du haut, le grand cercle horizontal de chaque sphère de cette assise supporte une force pressante de $\frac{P}{2} + \alpha P$, P étant le poids d'une des sphères. Cette force est répartie sur une surface que je peux considérer comme égale à l'hexagone régulier circonscrit à ce grand cercle, soit $2\sqrt{3} R^2$. On a donc :

$$P = \frac{\frac{P}{2} + \alpha P}{2\sqrt{3} R^2}.$$

Or la hauteur au-dessus de la surface libre est :

$$\left(\frac{1}{2} + \alpha\right) \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} R = x.$$

Si ρ est la densité moyenne du fluide, la pression est égale à ρx . Or on a :

$$P = \frac{4}{3} \pi R^3 \mu.$$

Égalant alors les deux valeurs de p , on en déduit la densité moyenne : $\rho = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \mu$, si toutefois on néglige la densité du fluide compris entre les sphères. Sinon, si on appelle ν la densité de ce fluide, la densité moyenne du système est augmentée. Si les vides n'existaient pas, l'unité de volume pèserait μ , or sa masse est $\rho \alpha \mu$, donc celle du vide relatif à l'unité de volume est : $\frac{\mu - \rho}{\mu}$. Il en résulte, du fait de la densité ν , une augmentation de poids de l'unité de volume de $\frac{\mu - \rho}{\mu} \nu$. Donc, la densité résultante sera :

$$\rho + \frac{\mu - \rho}{\mu} \nu = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \mu + \left(1 + \frac{\pi}{3\sqrt{2}}\right) \nu.$$

Il résulte de là que la pression hydrostatique en fonction de la profondeur sera :

$$p = \left[\frac{\pi}{3\sqrt{2}} \mu + \left(1 + \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \right) \nu \right] z,$$

c'est-à-dire le poids d'un cylindre d'eau ayant pour hauteur cette valeur et pour base l'unité de surface.

Je vais chercher une relation entre cette pression et les pressions aux contacts des sphères entre elles. La force pressante $2\sqrt{3} R^2 p$ est répartie sur les trois surfaces de contact de la sphère avec celles de l'assise supérieure. Soit p' la pression sur l'une quelconque de ces courbes de contact, S l'aire de cette courbe. La force pressante est $p' S$, on a donc :

$$3 \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} p' S = 2\sqrt{3} R^2 p,$$

d'où :

$$\frac{p'}{p} = \sqrt{2} \frac{R^2}{S} p$$

ou, comme $S = \pi R h$:

$$p' = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \frac{R}{h} p.$$

Quant aux pressions latérales au contact entre les sphères d'une même assise, elles sont nulles à l'état de repos.

Les résultats relatifs à l'hydrodynamique doivent parfois subir une interprétation particulière quand on les applique aux pressions au contact. Si par exemple on suppose un déplacement horizontal d'un système où il n'existe d'autres forces que celle due à la pesanteur, les équations de l'hydrodynamique donneront :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = 0, \quad \frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dy} = 0, \quad \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} = g.$$

On en déduit :

$$\frac{dp}{dx} = \rho \frac{d^2 x}{dt^2}, \quad \frac{dp}{dy} = \rho \frac{d^2 y}{dt^2},$$

donc la pression subit du fait du mouvement une augmentation de :

$$dp = \frac{dp}{dx} dx + \frac{dp}{dy} dy = \rho (\gamma_x dx + \gamma_y dy).$$

Cette augmentation de pression devrait avoir lieu en tous sens au voisinage de la sphère ; or elle se répartira sur les contacts situés dans le sens et dans la direction de l'accélération γ plutôt que latéralement. Si on considère le plan passant par le centre de la sphère et perpendiculaire à cette accélération, seuls les points de contact en avant de ce plan seront affectés. On pourra calculer ces pressions au contact de la manière suivante : on décomposera dp en vecteurs parallèles à dp appliqués à chaque point de contact. Soit $d\varpi_k$ l'un quelconque de ces vecteurs, soit α_k l'angle qu'il fait avec le rayon du point de contact : il peut se décomposer en deux, dirigés, l'un $d\varpi_k \cos \alpha_k$ suivant le rayon, l'autre $d\varpi_k \sin \alpha_k$ dans le plan tangent. On a alors l'égalité géométrique :

$$(dp) = \Sigma [(d\varpi_k \cos \alpha_k) + (d\varpi_k \sin \alpha_k)].$$

La composante tangentielle tend à provoquer le glissement de la sphère contre les voisines : elle aura donc simplement pour effet de modifier la vitesse linéaire de glissement ; par suite, dans un calcul d'ablation, elle n'influe que sur la valeur de v ou de u et non sur les pressions normales au contact. On en déduit donc : $\Sigma (d\varpi_k \cos \alpha_k) = \Sigma (\text{pressions au contact}) = (dp) - (\Sigma d\varpi_k \sin \alpha_k)$. Et dans le cas où les vitesses de glissement resteraient constantes on aurait alors : $\Sigma (d\varpi_k \sin \alpha_k) = 0$, par suite :

$$(dp) = \Sigma (d\varpi_k \cos \alpha_k).$$

Comme cas particulier, supposons dp parallèle à un des rayons de l'hexagone et horizontal. Il y a deux dispositions possibles des rangées de sphères : ou il peut y avoir deux centres sur la verticale d'un même sommet, ou un seul. Dans le deuxième cas, il n'y a que trois points de contact qui entrent en jeu ; la somme des moments des vecteurs $d\varpi$ par rapport au plan horizontal devant être nulle, il s'ensuit que seuls les deux vecteurs $d\varpi$ dans le plan horizontal ne seront pas nuls.

On a donc : $dp = \Sigma d\varpi$, donc $d\varpi = d\varpi_2 = \frac{1}{2} dp$, par suite :

$$d\varpi_1 \cos \alpha_1 = \frac{1}{2} dp \cos 30^\circ = dp \frac{\sqrt{3}}{4}$$

et :

$$d\varpi_1 \sin \alpha_1 = \frac{1}{2} dp \sin 30^\circ = \frac{1}{2} dp.$$

Donc, l'augmentation de pression dp donnera aux points de contact des forces $\frac{1}{4} dp$ qui provoqueront ou modifieront les glissements, ou seront équilibrées par le frottement au démarrage si elles sont assez faibles et si le mouvement du système est une translation en masse, et des forces normales égales à $dp \frac{\sqrt{3}}{4}$.

Quelle est la pression normale au contact qui correspond à cette force ? Soit N cette pression. Si S est l'aire de la courbe de contact, la force pressante normale est $F_n = NS$. Soit F_t la force tangentielle, les deux forces $2 F_n$ et $2 F_t$ ont pour résultante la force pressante moyenne que déterminerait sur l'hexagone d'aire $2\sqrt{3} R^2$ la pression dp ; on a donc l'égalité géométrique :

$$\begin{aligned} 2(F_n) + 2(F_t) &= 2\sqrt{3} R^2 (dp) \\ &= 2\sqrt{3} R^2 [(2 d\varpi_1 \cos \alpha_1) + (d\varpi_1 \sin \alpha_1)] \\ &= \left[\left(2 dp \frac{\sqrt{3}}{4} \right) + \left(2 \frac{dp}{4} \right) \right] 2\sqrt{3} R^2. \end{aligned}$$

On en déduit l'égalité algébrique :

$$F_n = NS = 2\sqrt{3} R^2 dp \frac{\sqrt{3}}{4}, \text{ d'où : } N = \frac{3}{2} \frac{R^2}{S} dp = \frac{3}{2\pi} \frac{R}{h} dp.$$

Telle est la force pressante normale au contact que déterminerait la variation de pression dp . On voit donc que plus le corps rond est poli (h petit), plus elle est grande.

On étudierait de la même façon les autres cas; mais le développement de cette théorie nous entraînerait trop loin. Elle montre bien cependant que la principale cause des pressions horizontales entre billes d'une même assise réside dans les variations de la vitesse de translation des centres, par suite dans les à-coups dans le mouvement général.

On voit de plus que la pression, par suite l'usure va en augmentant avec la profondeur. Si l'on admet en outre la loi de Daubrée que l'usure est proportionnelle au produit $p\nu$, on voit qu'elle sera

constante en tous les points de la masse si la vitesse décroît proportionnellement à la profondeur.

On voit de plus que si on suppose cette loi, l'abrasion est proportionnelle au travail des frottements.

Soit en effet f le coefficient de frottement de la substance, p_n la force pressante normale; si l'on suppose le corps réduit à un point (son centre de gravité), la force nécessaire pour entretenir son mouvement de vitesse v est : $F = fvp$. Si donc L est le chemin parcouru, le travail effectué est : $T = \int_0^L F dL = \int_0^L fvpv dL = A f d\alpha = A \alpha_{tot}$.

Il résulte de là que le travail nécessaire pour produire une usure donnée est constant, et qu'on pourrait définir un coefficient d'usure comme un travail.

On a encore le théorème suivant :

Si l'on suppose l'usure d'un solide, c'est-à-dire l'abrasion en un point de la surface proportionnelle à la pression, la perte de matière ne dépend ni de la surface élémentaire usée ni de la pression, mais seulement de la force pressante. Si cette force pressante est constante, elle lui est proportionnelle.

Soit M un point de la surface frottée, un élément de surface dS entourant ce point, p la pression normale (fig. 5), ϵ la hauteur d'abrasion comptée sur la normale MN . On peut supposer l'élément dS assez petit pour que ϵ reste constant à son intérieur; par suite le volume élémentaire abrasé est :

$$dV = \epsilon dS.$$

Or, par hypothèse $\epsilon = Ep$, E étant une constante; on en déduit :

$$dV = Ep dS = E dF_p,$$

dF_p étant la force pressante sur l'élément dS .

Il résulte de là que le volume total abrasé sera :

$$V_s = \int_s dV = \int_s E dF_p = E \int_s dF_p = EF_p.$$

Le coefficient E homogène à une longueur est la flèche d'abrasion pour une pression égale à l'unité.

Cette loi, comme par exemple les lois des frottements, n'est que

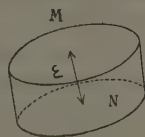


Fig. 5.

grossièrement approchée, surtout quand les surfaces sont très courbées. D'autant plus qu'on a affaire ici à un frottement médiateur n'obéissant pas à la loi de Coulomb. On verra plus loin qu'elle se vérifie d'une façon assez satisfaisante pour des courbes de contact ayant une surface voisine de 40 à 50 millimètres carrés. Elle se vérifie d'ailleurs beaucoup mieux pour les corps durs usés par des corps plus tendres, et gardant par suite toujours à peu près le même poli, que pour les corps tendres.

Conditions intérieures et extérieures d'abrasion. — De même que dans un système mécanique on considère des forces intérieures et des forces extérieures, on peut, pour un solide mobile au contact d'autres, considérer des conditions intérieures et des conditions extérieures d'abrasion.

Les conditions intérieures sont : la dureté, la masse spécifique, la rugosité (h). Il y a d'ailleurs lieu de distinguer des conditions générales : la masse totale, la dureté si le corps est homogène, et des conditions particulières à chaque point. Ces conditions intérieures d'abrasion en un point sont : la dureté, la rugosité et l'indicatrice de la surface en ce point correspondant à la flèche h , et par suite, les rayons de courbure principaux de la surface en ce point.

Les conditions extérieures sont : d'abord la nature du fluide qui peut baigner le corps et celle des autres corps qui peuvent être en contact avec lui. Il y a aussi lieu de considérer des conditions extérieures générales et des conditions particulières à chaque point.

Les conditions générales sont celles relatives au fluide, puis celles relatives aux différents corps en contact ou pouvant venir en contact, leur dureté, leurs rugosités, leurs masses, leur répartition, les lois de leurs mouvements. En particulier, leurs formes et leurs dimensions, la pression du fluide, les forces pressantes au contact des autres solides. Il y a des conditions particulières ou accidentelles et des conditions moyennes. Ainsi par exemple les conditions extérieures moyennes pour un galet mobile à une profondeur variant de 0 à z , dans une masse composée de τ_1 % de galets d'une substance A_1 d'un volume compris entre V_1 et V'_1 et de τ_2 % d'une substance A_2 d'un volume compris entre V_2^E et V'_2 seront de frotter avec une vitesse moyenne de glis-

sement V_m à une profondeur moyenne $\frac{\varepsilon}{2}$ avec $\frac{\tau_1}{100}$ G galets de A_1 d'un volume moyen u_1 , G exprimant le nombre moyen de galets pouvant être à la fois en contact avec le galet considéré, et aussi $\frac{\tau_2}{100}$ G de A_2 d'un volume moyen u_2 .

Quant aux conditions extérieures en un point, elles seront celles relatives au fluide en ce point; à la dureté, à la rugosité et à la courbure, à la pression au contact, aux vitesses de glissement, roulement ou pivotement, d'un corps pouvant venir éventuellement en contact en ce point. D'ailleurs, les conditions extérieures générales ne sont que des conditions moyennes entre les conditions en un point.

On dit que dans un système les conditions d'abrasion sont uniformes quand les conditions moyennes intérieures et extérieures sont constantes en tous les points de ce système. Ces deux groupes de conditions peuvent d'ailleurs être uniformes séparément.

Soit alors un corps soumis à des conditions extérieures d'abrasion uniformes, — ΔV le volume enlevé en parcourant un chemin L. Le volume — ΔV se répartit sur toute la surface; soit alors — dV le volume abrasé en un point : je peux le considérer comme un cylindre normal à la surface et ayant pour section droite l'élément dS , et pour hauteur la hauteur ε d'abrasion au point M. La hauteur ε peut donc être prise comme mesure de l'abrasion au point M. Pour construire le solide résultant du premier après usure, il suffit de porter sur la normale MN et vers l'intérieur une longueur MP = ε : le lieu du point P est la surface cherchée (fig. 6).

On voit que si les conditions intérieures étaient uniformes, la surface après usure serait une surface parallèle à la surface initiale.

Il en est ainsi par exemple pour une sphère homogène et uniformément polie : elle reste une sphère.

A ce propos, on peut se demander quelle est la loi de variation de son rayon. Soit p la pression moyenne en un point, v la vitesse de glissement moyenne, — dV le volume perdu pendant le chemin dL . On a :

$$-dV = A p v \sqrt{h} dL.$$

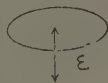


Fig. 6.

Si la sphère roule avec une vitesse constante dans une région à pression constante p , et si son poli reste constant, le coefficient de dL est constant. Or on a :

$$-\Delta V = A p v \sqrt{h} L = \frac{4}{3} \pi [R_0^3 - R^3],$$

d'où :

$$R = R_0 - \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} A p v \sqrt{h} L}.$$

Le volume serait donc nul, c'est-à-dire la sphère réduite en poussière au bout d'un parcours de $L = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \frac{1}{A p v \sqrt{h}}$.

En réalité, ces conditions théoriques seront très rarement satisfaites. Si par exemple on suppose une sphère glissant ou roulant sur un plan uniformément poli, la pression résulte alors uniquement du poids de la sphère de densité μ et on a :

$$-dV = B \mu v \sqrt{h} R^{\frac{5}{2}} dL,$$

ou :

$$-4 \pi R^2 dR = B \mu v \sqrt{h} R^{\frac{5}{2}} dL,$$

ou :

$$-4 \pi \frac{dR}{R^{\frac{1}{2}}} = B \mu v \sqrt{h} dL,$$

$$8 \pi (\sqrt{R_0} - \sqrt{R}) = B \mu v \sqrt{h} L;$$

d'où :

$$\sqrt{R} = \sqrt{R_0} - \frac{B}{8\pi} \mu v \sqrt{h} L.$$

On en déduit donc pour R une variation parabolique :

$$R = R_0 - \frac{B}{4\pi} \mu v \sqrt{h} \sqrt{R_0} L + \frac{B^2}{64\pi^2} \mu^2 v^2 h L^2.$$

Cette fonction décroît jusqu'à un minimum atteint pour $L = \frac{8\pi \sqrt{R_0}}{B \mu v \sqrt{h}}$, ce qui correspond à $R=0$; donc le rayon décroît jus-

qu'à 0; mais au-dessous d'une certaine taille ses variations sont très lentes.

Si maintenant on supposait h proportionnel à R : $h = \lambda R$, c'est-à-dire que le poli augmente quand le rayon diminue (proportionnellement à $\frac{1}{R}$), on obtiendrait, en intégrant, la loi exponen-

tielle : $R = R_0 e^{-\frac{B \mu v \sqrt{\lambda}}{4\pi} L}$, ce qui montre que le rayon diminuerait indéfiniment, mais ne deviendrait nul qu'au bout d'un parcours infini.

En réalité, quelle que soit la loi de décroissance, quand des galets sont usés par entraînement dans un courant, le rayon ne diminue jamais jusqu'à zéro; une limite est imposée, comme on sait depuis longtemps, par ce fait que quand la taille devient trop petite, le courant soulève le grain de sable; celui-ci alors ne frotte plus et cesse de s'user. Par suite, le minimum imposé ne l'est pas par la loi d'usure, mais par la vitesse du courant. S'il décroît encore, ce sera par dissolution dans le liquide. Tout autres sont les conditions extérieures pour des corps pris entre deux surfaces solides frottant l'une contre l'autre, comme par exemple les galets serrés entre une surface rocheuse et un glacier. C'est ce qui explique d'ailleurs la formation de boues glaciaires par les matériaux les plus durs au bout d'un nombre parfois restreint de kilomètres.

Soit maintenant un corps non sphérique soumis à des conditions extérieures d'abrasion uniformes. Je suppose d'abord qu'il ait un poli et une dureté uniformes. On peut alors le considérer comme usé par un plan frottant uniformément et employer la formule d'usure sur un plan, à condition d'y remplacer le coefficient K par un coefficient moyen relatif aux conditions extérieures données. L'abrasion élémentaire $-dV$ au voisinage du point M est, comme on l'a vu plus haut, proportionnelle au volume élémentaire commun en M au solide et au plan frottant. Elle peut donc s'exprimer par : $-dV = \frac{\pi}{3} \lambda h^2 \sqrt{RR'} dL$, λ étant ce coefficient moyen, R et R' les rayons de courbure principaux. Or on a admis que $\lambda = A p v$, A étant constant. F_p étant la force pressante moyenne : $p = \frac{F_p}{dS} = \frac{F_p}{\pi \sqrt{RR'} h}$. Si les conditions extérieures sont uniformes, F_p est constant, mais la formule subsiste quand

même. Quand il n'en est pas ainsi, F_p est alors la force pressante moyenne au point M quand des corps extérieurs viennent à son contact pendant le parcours dL .

On déduit de là : $-dV = \frac{A}{3} F_p v h dL$. Si on appelle maintenant ϵ la hauteur d'abrasion MP au point M, ϵ n'est autre que la hauteur du cylindre normal à S et équivalent à $-dV$, par suite :

$$\epsilon = \frac{-dV}{dS} = \frac{A}{3\pi} F_p v \frac{dL}{\sqrt{RR'}}, \text{ d'où le théorème suivant :}$$

La hauteur d'abrasion en un point d'une surface convexe soumise à des conditions extérieures d'abrasion uniformes est proportionnelle à la force pressante moyenne, à la vitesse moyenne et inversement proportionnelle à la racine carrée du produit des rayons de courbure principaux.

Lorsqu'un des rayons de courbure s'annule, ce qui a lieu dans le cas d'une arête ou d'une pointe, on voit que pour que ϵ reste fini il faut que dL soit infiniment petit. Il résulte de là qu'une arête ou une pointe, si elle a existé au début, ne peut subsister et doit être abattue au bout d'un parcours infiniment petit par rapport à celui qui serait nécessaire pour provoquer une diminution de volume appréciable d'un solide arrondi. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire pour cela que les conditions extérieures soient uniformes, il suffit simplement qu'elles soient continues. De plus on voit encore qu'une arête sera abattue d'autant plus vite que sa ligne de faite convexe sera plus courbée.

L'équation précédente montre en outre que pour que la hauteur d'abrasion soit constante, il faut et il suffit que le produit des rayons de courbure principaux de la surface soit constant.

Il en résulte encore que, sauf dans des cas particuliers, tout solide aplati doit tendre à s'arrondir. Quand le solide est un galet de schiste, les raisonnements précédents ne s'appliquent plus, car la dureté est parfois, comme l'ont montré des expériences de M. Jannetaz, beaucoup moindre dans une direction parallèle aux feuillettes que suivant la perpendiculaire. En raison de ce fait, le galet tendrait alors à s'aplatir : ces deux actions se contre-balançant donc souvent.

On voit par là l'extrême complexité de ces questions, d'autant plus que, quand on passe à l'application physique, il entre en jeu

des dissolutions des surfaces, par le liquide baignant, et des actions chimiques qui décomposent certains éléments des solides et en diminuent d'une façon parfois très irrégulière la dureté spécifique. On peut citer à ce propos le cas des roches feldspathiques, granits, gneiss et principalement granulites qui, à égalité de dureté initiale, disparaissent beaucoup plus rapidement que les roches quartzeuses, par kaolinisation des feldspaths. En raison de ces faits, il peut y avoir parfois de grands écarts entre une théorie obligée nécessairement de schématiser les faits, si complète soit-elle, et la réalité. Aussi, dans les pages précédentes, je n'ai pas eu la prétention d'esquisser même une théorie mathématique de l'usure des solides courbes; mais plutôt de préciser certains faits.

Il en résulte cependant cette conséquence, c'est que si l'on ne considère que des corps à peu près homogènes, de forme régulière, on pourra se rendre compte approximativement dans bien des cas des conditions d'abrasion. Or on a vu à propos du problème des sphères que si l'on ne considère que des vitesses de glissement moyennes et des pressions moyennes (par exemple la pression hydrodynamique ou hydrostatique en un point de la masse dont fait partie le galet au voisinage du solide), son abrasion est représentée par la même formule que l'abrasion d'une sphère glissant sur un plan, à condition de multiplier le coefficient d'usure par une constante dépendant uniquement du nombre, de la position et des dimensions des corps frottants. Il en résulte cette conséquence, c'est que pour étudier l'usure relative de deux galets de même forme extérieure, de même masse spécifique et de même rugosité dans des conditions extérieures données, et d'ailleurs quelconques, il suffira de comparer leurs résistances à l'usure par exemple sur un même plan ou dans toutes autres conditions identiques. Et même dans le cas où h , c'est-à-dire la rugosité, n'entrerait dans les formules que par le seul facteur h^r ($r = \frac{1}{2}$ dans les formules précédentes), on aurait, en appelant $-\Delta V_1$ l'usure kilométrique du premier dans les conditions extérieures considérées, $-\Delta V_2$ celle du second dans les mêmes conditions, $-\Delta V'_1$ et $-\Delta V'_2$ les usures kilométriques sur une plaque avec un même émeri, les relations :

$$-\Delta V_1 = A_1 h_1^r \quad \dots \quad -\Delta V_2 = A_2 h_2^r$$

et sur plaque :

$$-\Delta V_1 = A'_1 h_1'^r \quad \dots \quad -\Delta V_2 = A'_2 h_2'^r.$$

Si les grains d'abrasif ont un diamètre supérieur à h_1, h_2, h'_1, h'_2 , les quantités h ne dépendront guère, comme on l'a vu page 202, que de qualités spécifiques de la matière des solides frottés, et

on pourra poser : $\frac{h_1}{h_2} = \frac{h'_1}{h'_2} = \varphi^n$. On en déduit :

$$\frac{-\Delta V_2}{-\Delta V_1} = \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^r = \frac{A'_1}{A'_2} \left(\frac{h'_1}{h'_2} \right)^r \text{ d'où : } \frac{A_1}{A_2} = \frac{A'_1}{A'_2}, \text{ donc les quantités } h \text{ n'entrent plus dans le rapport.}$$

On pourra donc, dans une étude expérimentale, au lieu d'employer le cylindre de Daubrée qui n'a lui-même donné que des résultats peu concordants, la perte de poids des galets de granit ayant varié comme de 1 à 4, procéder d'une façon plus simple, plus expéditive et qui donne en même temps des résultats plus précis relativement au phénomène physique de l'usure en lui-même. L'usomètre de M. Jannetaz et le dispositif employé par Exner seraient à ce sujet d'excellents appareils. Leur grave défaut dans l'espèce est de sacrifier la rapidité à la précision : excellents pour des recherches précises de minéralogie sur l'usure d'un cristal ou d'un verre bien définis, leur précision devient illusoire quand il s'agit de roches dont le coefficient d'usure en un point peut varier dans des limites étendues. Un grand nombre d'expériences rapides, bien que peu précises, et dont on prendra la moyenne me semblent dans l'espèce préférables à quelques expériences précises mais en petit nombre. C'est l'idée qui m'a guidé dans l'étude qui suit.

Détermination de l'usure de galets de différentes roches (galets du grès vosgien). — Les vérifications les plus importantes à faire étaient les suivantes :

1° Variations des abrasions en fonction des forces pressantes, puis en fonction des pressions en un point de la surface élémentaire frottante ;

2° Influence du coefficient h (rugosité — proportionnel aussi au diamètre moyen des grains d'abrasif quand on emploie une poudre usante) ;

3° Influence sur l'abrasion de la grandeur de la surface en

contact — tantôt l'indicatrice de la surface du galet quand celui-ci est encore rond, tantôt surface d'usure plane ou presque plane. — Influence aussi, dans le premier cas, des rayons de courbure principaux de l'indicatrice ;

4^e Détermination des usures relatives de galets des différentes roches.

Les deux dernières séries d'expériences ont seules été abordées dans ce travail, car c'étaient celles qui présentaient surtout de l'intérêt au point de vue des applications à la géologie.

Une première série d'expériences a été organisée de la manière suivante. Le galet était pris entre les mâchoires d'un étau fixé à une barre mobile autour de son extrémité, et pouvant frotter sur une meule verticale en grès bigarré, à l'extrémité du diamètre vertical de cette meule.

Le développement de la meule mesuré à la corde fut trouvé égal à 1^m,20.

La force pressante fut évaluée au moyen d'une balance romaine reposant sur le sol et sur le plateau de laquelle appuyait une barre de poids connu prise entre les mâchoires de l'étau. Elle fut ainsi trouvée pour toute cette série égale à 3^k,250. Le poids des galets dépassant à peine 10 grammes fut toujours négligé par la suite devant cette valeur.

La vitesse de rotation fut évaluée en opérant d'abord d'un mouvement à peu près uniforme et en comptant le temps employé pour cent tours. D'ailleurs, quand elle atteignait seulement un demi-tour par seconde, elle provoquait déjà des soubresauts du galet sur les inégalités de la surface de la meule. Elle a donc dû être réduite et, à ces faibles valeurs, ne semble guère avoir d'influence. On n'en a donc pas tenu compte dans cette première série d'expériences ; elle a cependant peu varié.

Une indicatrice de la surface du galet au point d'abrasion projetée fut obtenue en appuyant ce galet en ce point avec une force connue (4 ou 6 kilogr.) sur une feuille de papier quadrillé au millimètre, recouvert d'un papier gras bleu à décalque ; le tout sur le plateau d'une balance romaine donnant la force pressante. La surface ainsi obtenue est l'indicatrice du galet au point de contact, correspondant à la flèche de refoulement du papier déterminée par la pression de 4 ou 6 kilogr. Le contour de cette surface présente parfois des dentelures capables de nuire à une

bonne détermination. Pour cette raison, on a fait trois ou quatre opérations pour une même indicatrice et on a pris les moyennes. Il est pourtant à remarquer que les résultats extrêmes différaient à peine d'un dixième de millimètre carré. L'évaluation d'une aire aussi petite (de 3 à 11 millimètres carrés) d'une courbe fermée, parfois irrégulière, n'était guère pratique au planimètre. Pour des mesures de précision, le procédé des pesées s'imposait. Cependant, comme la suite des opérations a montré que l'indicatrice n'avait pas une influence très grande et que les irrégularités de la meule et l'incertitude sur h augmentaient beaucoup l'erreur probable, on s'est contenté du procédé suivant, capable d'ailleurs de donner avec un peu d'habitude une approximation du dixième de 1 millimètre carré. Ce procédé a du reste été aussi employé en plus grand à la mesure des surfaces d'abrasion.

Toutes les indicatrices ont jusqu'ici toujours été très voisines d'ellipses ayant de 2 à 3 millimètres de grand axe. Les surfaces d'abrasion ont aussi été assez régulières; de sorte que si on considère la portion du contour d'une de ces surfaces comprise à l'intérieur d'un carré de 1 millimètre, cette portion diffère peu d'une droite. Si alors on construit par exemple avec 1 centimètre carré les différentes figures formées par une droite qui le partage en deux parties équivalentes chacune à 0,5 cm², puis les figures formées par une droite et par des courbes à grand rayon qui laissent 0,6 cm² d'un côté et 0,4 de l'autre, et ainsi de suite, on arrivera en réduisant au dixième à évaluer à l'œil combien, dans 1 millimètre carré écorné par le contour, il faut rapporter de dixièmes à l'aire cherchée. On n'aura donc plus qu'à compter le nombre de millimètres carrés contenus chacun en totalité dans l'aire, puis à ajouter à ce nombre les dixièmes provenant des carrés écornés. Deux évaluations d'une même surface avec ce procédé ont rarement donné des résultats différant de plus du dixième de 1 millimètre carré. Ce procédé en somme équivaut à la méthode des trapèzes employée en géométrie. Il est cependant plus rapide et plus précis, au moins pour de fortes courbures, un œil exercé pouvant évaluer une fraction de millimètre carré limitée par un arc de courbe, avec une erreur moindre que la différence entre cette aire et celle du trapèze ayant pour côté la corde de cet arc.

Les pesées devant être nombreuses et les expériences ne com-

portant pas une très grande précision, l'emploi d'une balance de précision eût été illusoire, et fastidieux par suite de la lenteur de chaque opération. Elles furent donc faites avec un petit trébuchet pouvant peser 20 grammes à 1 milligramme près.

Cette première série d'expériences a dû malheureusement être interrompue par suite de l'usure irrégulière de la meule. Un galet de quartz creuse dans le grès, beaucoup moins dur, un sillon qui dégénère bientôt en une suite de creux et de bosses allant toujours en s'accroissant. Les expériences n'ont pu porter que sur trois galets : un de quartzite noir de densité 2,76 et deux autres de quartz filonien blanc, de densités 2,659 et 2,614. Les surfaces d'usure n'ont jamais pu être obtenues planes au delà d'une certaine dimension : elles furent toujours des surfaces courbes à faible courbure raccordées par des arêtes vives à la surface du galet. Par suite ces essais exigeaient d'autres séries d'expériences.

Il y avait lieu d'abord d'essayer de vérifier le théorème que, le poli de la surface d'usure restant constant, la masse de matière abrasée est proportionnelle au chemin parcouru et à la force pressante. Pour avoir un poli assez constant, je me suis adressé au quartz filonien, qui conserve un certain poli même avec de l'émeri gros ; les résultats obtenus ont montré que quand la courbe d'usure acquiert une aire suffisante, le volume abrasé est constant ; mais qu'avant, c'est-à-dire quand la courbure moyenne de cette surface est supérieure à un certain minimum, l'abrasion est plus forte. Les principaux de ces résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Force pressante : $P = 3,250$ grammes.

Poids du galet au début : $p = 10,598$ grammes ; $d = 2,614$.

Volume initial : $V = 4,05$ cm³.

TABLEAU

NOMBRE de tours n	PARCOURS L	SECTION de la courbe d'usure en mm^2	MASSE abrasée	VOLUME abrasé cm^3	OBSERVATIONS
0	0	Indicatrice : $2a = 3\text{mm}$ $2b = 1\text{mm},9$ $S_0 = 4\text{mm}^2,5$	0	0	
100	118 ^m	$S_1 = 29,3$	08 ^r ,043	0,0165	S ₁ très poli.
100	119	$= 38,1$	0,033	0,0126	
100	118	$= 44,8$	0,033	0,0126	
100	119	$= 55,1$	0,034	0,0130	
101	120,5	irrégulière, non évaluée	0,042	0,0161	
Total. 501	594 ^m ,5		08 ^r ,185	0,0708	
Moyennes.	119		0,037	0,0141	

La valeur élevée du dernier nombre s'explique par un glissement du galet mal serré dans l'étau. Ce glissement a provoqué un déplacement de la surface d'usure, d'où érosion d'une arête vive. Les valeurs inscrites dans la colonne des parcours ne sont que des valeurs moyennes, le développement primitif de la meule de 1^m,20 ayant un peu diminué par suite de son usure.

Il y avait lieu en outre d'étudier l'influence de la courbure moyenne sur l'abrasion. Pour cela, on usa deux autres extrémités du galet après en avoir pris les indicatrices par le procédé ci-dessus. On a inscrit à nouveau dans le tableau suivant les résultats relatifs à la première :

	NOMBRE de tours n	PARCOURS L	INDICATRICE			MASSE abrasée gr.	VOLUME abrasé cm^3	OBSERVATIONS
			$2a$	$2b$	S			
Extrémité n° 1.		m.	mm	mm	mm			
	100	119	3	1,9	4,5 29,3	0,043	0,0165	D'où pour 60 : 0,0033.
Extrémité n° 2.								
	50	60	2,1	1,9	3,7 20,5	0,022	0,0083	D'où pour 100 : 0,044.
Extrémité n° 3.								
	50	60	4,1	3,3	10,6 37,4	0,022	0,0083	Id.

Un autre quartz blanc a donné une diminution de poids d'environ 0,023 à 60 tours; mais par suite des irrégularités déjà

grandes de la meule, le polissage ne s'est pas produit; il y a eu de plus usure au choc, et j'en ne peux le faire entrer en ligne de compte.

Le seul quartzite étudié par cette méthode fut un quartzite violet foncé de densité 2,76. Son polissage encore plus irrégulier que celui du quartz précédent a enlevé aussi presque toute certitude aux résultats. La perte de poids moyenne au mètre de parcours fut pourtant trouvée égale à $5,5 \cdot 10^{-4}$ pour des surfaces de contact de 65 à 90 millimètres carrés, et à $6,4 \cdot 10^{-4}$ pour des surfaces très courbées.

Pour le premier quartz, l'usure métrique fut de $3,1 \cdot 10^{-4}$ pour des surfaces de contact de 40 à 50 millimètres carrés, et de $3,7 \cdot 10^{-4}$ pour des surfaces plus courbées (indicatrices de 3 à 11 millimètres carrés).

Les résultats précédents indiquaient l'ordre de grandeur des quantités à mesurer, si imparfaits qu'ils fussent. Le reproche principal à faire à cette méthode était l'irrégularité de l'usure, et surtout les déplacements du point de contact sur l'aire frottée, de sorte que rarement la totalité de cette surface était en contact avec la meule. On dut donc passer à une deuxième série d'expériences.

Deuxième série d'expériences. — L'étau de la série précédente fut simplement relié à une longue barre flexible. L'extrémité de cette barre étant tenue à la main horizontalement, on évalue l'action de l'étau sur le plateau d'une balance romaine, soit $3^{\text{kg}},800$. Puis on détermine quel doit être l'effort du poignet pour produire sur le plateau une surcharge ou une décharge de 100 grammes. Cet effort ayant été trouvé *hors de proportion* avec ceux que pourrait produire un moment d'inattention, il s'ensuit que l'erreur commise ainsi sur la force pressante est inférieure à $\frac{100}{3800} = \frac{1}{38}$. Cette erreur est encore bien diminuée si on a soin de n'opérer jamais avec la main qu'une traction horizontale en serrant le moins possible l'extrémité de la barre; en réalité, elle est en général inférieure à 1 %. A la rigueur, on pourrait encore terminer la barre par une poignée horizontale, mais l'incertitude sur la nature et les variations de l'abrasif employed rendrait cette précaution illusoire.

L'objet à user frotte sur une plaque de fonte recouverte de sable de Fontainebleau que l'on renouvelle à chaque opération : sa course est limitée par deux butoirs. Elle fut mesurée avec soin et trouvée égale à 0^m,556. Le mouvement fut fourni par des oscillations de tout le corps, avançant et reculant en maintenant le bras rigide, seul procédé reconnu apte à conserver l'horizontalité de la barre et à ne pas donner d'action verticale de la part du poignet. On s'est arrangé de manière à maintenir autant que possible le synchronisme de ces oscillations et l'uniformité du mouvement dans le cours de l'une. On évalua en général la diminution de poids produite par 50 oscillations simples. Les principaux résultats sont relatés dans les tableaux suivants :

1° Quartzite n° 1 étudié déjà dans la première série. La surface d'usure est assez polie, mais a une courbure assez forte. Densité = 2,76.

NUMÉRO N(osc.)	L	S	Δp	Δv	OBSERVATIONS
	m.	mm ²	gr.	cm ³	
50	27,80	91,9	0,049	0,0178	Accélération momentanée, striation seulement étendue à toute la surface de contact.
50	27,80	105,5	0,048	0,0175	
50	27,80	107,1	0,055	0,0200	
Total . . 150	83,40		0,152	0,0553	
Moyenne. 50	27,80	101,0	0,051	0,0184	

2° Quartz blanc, a déjà donné dans la première série une diminution de poids de 0,023 à 60 tours. Densité = 2,66.

N (osc.)	L	S	Δp	Δv	OBSERVATIONS
	m.	mm ²	gr.	cm ³	
		Indicatrice : 2 a 2 b			
0	0	2 ^{mm} ,6 1 ^{mm} ,8 S _r = 3,6	0	0	
50	27,80	30,8	0,025	0,0094	
50	27,80	45,1	0,031	0,0116	Rouls de l'étau. — Stries distantes de 0 ^{mm} ,3.
50	27,80	57,9	0,033	0,0124	Les surfaces d'usure sont beaucoup plus planes qu'avec la meule.
50	27,80	67,2	0,034	0,0128	L'adjonction d'un excès de sable a modifié les conditions extérieures.
50	27,80	71,7	0,032	0,0120	
50	27,80	84,1	0,048	0,0160	
Deuxième extrémité de ce galet, moins aiguë que la précédente.:					
50	27,80	S _r = 11,6 39,5	0,031	0,0117	

La première valeur de Δp est sujette à caution par suite d'un dérangement possible dans l'assiette de la balance. L'abrasion est donc ici indépendante de la surface, à 2 milligrammes près.

3° Lydienne noire, dure, esquilleuse, sans schistosité ni clivage.

Poids : 13^{gr},602. $d = 2,655$. $V = 5^{\text{cm}^3},130$.

N (osc.)	L	S	Δp	Δv	OBSERVATIONS
	mm	mm ²	gr.	cm ³	
	Indicatrice	2 a 2 b 4,9 2,1	S _r = 9,1		
50	27,80	28,4	0,014	0,0053	1. Peut-être erreur sur le comptage des oscillations, abatage d'une arête. 2. Cette lydienne est donc plus de deux fois plus dure que le quartz.
50	27,80	40,7	0,011	0,00415	
50	27,80	43,4	0,012	0,0045	
50	27,80	56,1	0,010	0,0038	
60 ou 70 ?			0,016	0,0060	
Total . 200	111,20		0,047 ²		
Moyenne . . .	27,80	42,15	0,012	0,0045	

4° Lydienne schisteuse. La schistosité, bien qu'assez peu marquée, se traduit surtout par des bandes alternativement grises et noires : $p = 13,459$, $d = 2,601$.

Usure perpendiculairement au plan de schistosité.

N (osc.)	L	S	Δp	Δv	OBSERVATIONS
	m.	mm ²	gr.	cm ³	
	Indi- catrice	2 a 2 b 4,9 3,9	$S = 14,2$		
50	27,80	41,8	0,026	0,0100	Δp peut être irrégulier par suite de l'atteinte progressive de parties de dureté très inégale.
50	27,80	56,3	0,023	0,0089	
50	27,80	57,4	0,026	0,0100	
Total. . . 150	83,40		0,075	0,0289	
Moyenne. . .	27,80	51,8	0,025	0,0096	

Usure parallèlement à la schistosité dans une partie moins foncée.

Indicatrice très grande et de forme irrégulière : $S_i = 40$.

N (osc.)	L	S 40	Δp	Δv	OBSERVATIONS
	m.	mm ²	gr.	cm ³	
50	27,80	87,5	0,043	0,00165	
50	27,80	106,8	0,050	0,00192	
Total. . . 100	55,60		0,093	0,00357	
Moyenne. . .	27,80	97,1	0,047	0,00178	

Ici, il y a presque proportionnalité aux surfaces. L'érosion est arrivée probablement dans une zone moins dure, ces zones étant parallèles à la stratification, laquelle coïncide dans ce galet avec la schistosité. C'est ce qui explique d'ailleurs la forme carrée et plate de ce galet.

Interprétation

Partons des nombres de la deuxième série d'expériences. Pour un parcours de 27^m,80 et une force pressante de 3 800 grammes, le quartzite n° 1, d'un poids initial de 9^{gr},471, a subi une perte de poids de 0^{gr},051. $d = 2,76$ donc diminution de volume de $\frac{0,051}{2,76} = 0^{\text{cm}^3},0184$.

Surface frottante moyenne : $1^{\text{cm}^2},01$.

Hauteur moyenne d'abrasion : $\varepsilon = \frac{18,4}{1,01} = 0^{\text{mm}},183$.

Pression moyenne : $\frac{3,800}{1,01} = 3^{\text{kg/cm}^2},8$ ou $0^{\text{kg/mm}^2},38$.

Volume initial : $\frac{9,471}{2,715} = 3^{\text{cm}^3},485$.

Rayon de la sphère équivalente : $R_0 = 0^{\text{cm}},943$.

Donc, sous la pression de $3^{\text{kg/cm}^2},8$, une sphère de rayon $0^{\text{cm}},943$ a subi une abrasion moyenne par centimètre de parcours de :

$$-\frac{dV}{dL} = \frac{0,0184}{27,80} = 6^{\text{cm}^3},62, 10^{-6}.$$

Si donc cette sphère frottait uniformément, sous cette pression et contre une surface abrasive analogue à la plaque de fonte recouverte de sable, elle serait (formule de la page 24) réduite en poussière, c'est-à-dire aurait un rayon nul au bout d'un parcours de :

$$L = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \left(-\frac{dL}{dV} \right) = \frac{3,485 \times 2,780}{1,840} 10^6 = 5\,200 \text{ mètres.}$$

On voit que cette distance est faible.

Si nous prenons les nombres fournis par l'usure sur la meule de grès bigarré, nous avons trouvé une diminution de poids de $0^{\text{gr}},00055$ au mètre au lieu de $0,0018$ contre la plaque de fonte sous une pression de $\frac{3,250}{0,72} = 4^{\text{kg/cm}^2},56$. Dans ces conditions, le chemin nécessaire pour le réduire en poussière aurait été de :

$$5\,200 \times \frac{3,80}{4,56} \times \frac{0,00182}{0,00055} = 14\,300 \text{ mètres.}$$

On voit donc l'influence que peuvent avoir les conditions extérieures, les conditions intérieures restant constantes.

On peut remarquer de plus que les conditions précédentes sont plutôt celles des galets frottant soit les uns sur les autres, soit contre une paroi rocheuse, serrés par exemple entre un glacier et cette paroi, plutôt que ceux charriés par un cours d'eau. J'admets que la vitesse de progression d'un glacier est extrêmement faible vis-à-vis de celle employée dans mes expériences. Mais les pressions mises en jeu sont aussi bien supérieures, et en extrapolant la loi de Daubrée, $p\nu = C^{\text{te}}$, on arrive à des nombres de l'ordre

de grandeur des précédents. On peut donc déduire des expériences précédentes qu'au bout d'un nombre de kilomètres assez faible — de l'ordre d'une dizaine, — un galet de quartzite à grain fin, pourtant assez dur, doit être réduit en une poudre impalpable. Il serait d'ailleurs illusoire de vouloir attribuer à ces déductions une plus grande précision.

Si maintenant on opérât de même pour le quartz blanc n° 6, de la deuxième série, on trouverait :

$$-\frac{dV}{dL \text{ cm}} = 4,38 \cdot 10^{-6}.$$

Surface moyenne usée : $60^{\text{mm}^2},7$; pression : $6^{\text{kg/cm}^2},270$; poids initial : $10^{\text{gr}},402$; $V_0 = \frac{10,402}{2,659} = 3^{\text{cm}^3},902$. $R_0 = 0^{\text{cm}},974$.

Le parcours maximum sous cette pression serait donc de $\frac{3,902}{4,38} 10^6 = 8\,920$ mètres. On voit donc la plus longue résistance du quartz.

Si maintenant on rapportait ces parcours à une pression de $1^{\text{kg/cm}^2}$, on trouverait pour le quartzite : $5\,200 \times 3,8 = 19\,750$ mètres et pour le quartz : $8\,920 \times 6,27 = 51\,700$ mètres, soit un parcours beaucoup plus long. Le parcours limite du quartz serait $\frac{55\,700}{19\,750} = 2,82$ fois celui du quartzite.

On est ainsi amené à définir un coefficient d'usure d'un corps donné relatif à des conditions extérieures et intérieures d'abrasion données.

C'est la diminution de volume qui serait subie par une sphère de même substance, ayant pour surface l'unité de surface, et frottant contre un milieu réalisant les conditions extérieures données ou des conditions d'abrasion équivalente — et sous l'unité de pression.

Ce coefficient n'est donc autre que $\left(-\frac{dV}{dL}\right) \times \frac{1}{pS}$, S étant la surface frottante et p la pression. On en déduit :

$$\alpha = \left(-\frac{dV}{dL}\right) \frac{1}{F_p}$$

F_p étant la force pressante.

En effet, si on fait $p = 1$, $S = 1$, on trouve : $\alpha = -\frac{dV}{dL}$.

Si l'on admet la loi des rayons de courbure, c'est-à-dire de la proportionnalité de l'usure à la force pressante, ce coefficient est une constante pour un corps donné et des conditions d'usure données.

Or la loi des rayons de courbure se *vérifie à peu près* pour des corps très durs, polissables et sensiblement d'égale dureté dans toutes les directions, comme le quartz blanc filonien, à peine cristallin ou formé d'une agglomération de cristaux (1). La vérification résulte du tableau d'expériences de la page 32, où les volumes abrasés sur un parcours de 60 mètres de la meule sont égaux à $0^{\text{cm}^3},0083$, les surfaces des indicatrices variant de $20^{\text{mm}^2},5$ à $37^{\text{mm}^2},4$.

Les indicatrices ainsi que les premières courbes d'usure permettent de déterminer les rayons de courbure principaux des sections.

Assimilons alors le volume abrasé à une calotte ellipsoïdale et la première surface d'usure à une ellipse dont les axes sont dans le même rapport que ceux de l'indicatrice; nous aurons ainsi pour le premier point :

Ellipse équivalente à la courbe d'usure (soient a et b les $\frac{1}{2}$ axes) :

$$\frac{a}{b} = \frac{3}{1,9}, \quad \pi ab = 29,3.$$

D'où :

$$a^2 = 14^{\text{mm}},79, \quad a = 3^{\text{mm}},84, \quad b^2 = 5,920, \quad b = 2,44,$$

$$V = \pi a \frac{h^2}{3} = 16^{\text{mm}^3},5,$$

d'où :

$$h = \sqrt{\frac{3 \times 16,5}{3,14 \times 3,84}} = 2,07,$$

d'où :

$$R_1 = \frac{a^2}{h} = \frac{14,79}{2,07} = 7^{\text{mm}},19, \quad R'_1 = \frac{5,920}{2,07} = 2^{\text{mm}},86.$$

1. On sait que le quartz étant du système rhomboédrique, son coefficient d'usure varie suivant les faces usées.

On calculerait de même les rayons de courbure principaux des deux autres points. On aura ainsi pour le point 2 :

$$a_2^2 = \frac{2,1 \times 20,5}{1,9 \times 3,14} = 7,21, \quad a_2 = 2,685, \quad b_2^2 = 5,89, \quad b_2 = 2,425.$$

$$V_{2e} = 0,0083, \quad h_2 = \sqrt{\frac{3 \times 8,3}{3,14 \times 2,685}} = \sqrt{2,945} = 1,725.$$

$$R_2 = \frac{7,21}{1,725} = 4^{\text{mm}},58, \quad R'_2 = \frac{5,89}{1,725} = 3^{\text{mm}},415.$$

$$a_3^2 = \frac{4,1 \times 37,4}{3,3 \times 3,14} = 14,80; \quad a_3 = 3^{\text{mm}},84;$$

$$b_3^2 = \frac{3,3 \times 37,4}{4,1 \times 3,14} = 9,58; \quad b_3 = 3,49.$$

$$V_{3e} = 0,0083, \quad h_3 = \sqrt{\frac{3 \times 8,3}{3,14 \times 3,84}} = 1,436,$$

$$R_3 = \frac{14,80}{1,436} = 10,03, \quad R'_3 = \frac{9,58}{1,436} = 6,66.$$

Les différents rayons de courbure principaux ont donc varié de $2^{\text{mm}},86$ à $10^{\text{mm}},03$, soit comme un peu plus du simple au triple. Ces limites pourraient être encore beaucoup plus éloignées et doivent l'être dans des expériences ultérieures. On voit cependant l'indépendance du volume élémentaire abrasé en un point et des rayons de courbure principaux de la surface en ce point.

Il ne résulte pourtant pas des expériences précédentes que, à égalité de pressions et de vitesses, l'usure d'une surface plane soit la même que celle d'une surface courbe de même matière. La seconde est en général supérieure à la première.

Cette loi pourrait donc s'exprimer ainsi : ou bien :

Quand la courbure moyenne d'une surface tombe en dessous d'une certaine limite, le coefficient d'usure diminue jusqu'à une constante qui est le coefficient d'usure d'une surface plane de même matière; ou :

Quand la surface d'usure supposée plane reste en dessous d'un certain maximum, le coefficient d'usure diminue quand cette surface augmente; il reste constant au delà du minimum.

C'est cette constante rapportée à l'unité de longueur et à l'unité de force pressante que nous appellerons *coefficient d'usure plane* ou simplement *coefficient d'usure*.

Il résulterait encore de là que, quand la pression $\frac{F}{S} = p$ dépasse une certaine valeur, la hauteur d'abrasion en un point croît plus vite que proportionnellement à cette pression. Les nombres des tableaux précédents ne sont pas assez nombreux pour permettre de construire des courbes : ils montrent cependant bien le sens de la variation.

On peut encore dire que le coefficient h n'est pas constant et croît avec la pression.

Les *résultats généraux relatifs aux coefficients d'usure* sont donc les suivants :

$$K = V \cdot \text{cm}^3 \frac{1}{L \text{ mèt.}} \times \frac{1}{F_p \text{ kgs.}}$$

1° Sur meule en grès bigarré :

Quartzite violet foncé (grès vosgien) K (plan) = $1,692 \cdot 10^{-4}$,
courb. $1,970 \cdot 10^{-4}$;

Quartz blanc (grès vosgien) K (pl.) = $0,955 \cdot 10^{-4}$, K courb.
 $1,140$;

2° Sur plaque de fonte (abrasif sable de Fontainebleau) :

Quartzite (le même que plus

haut) $K_{pi} = 1,74 \cdot 10^{-4}$

Quartz blanc $1,155 \cdot 10^{-4}$

Lydienne noire, sans schisto-

sité $0,388 \cdot 10^{-4}$ $0,502 \cdot 10^{-4}$

Lydienne schisteuse :

Perpendiculairement à la

schistosité $0,906 \cdot 10^{-4}$ } presque égal.
Parallèlement à la schistosité. $1,680 \cdot 10^{-4}$

Ce tableau montre dans quelle grande proportion la silicification peut faire varier les coefficients d'usure d'une même roche, le kieselstiefer par exemple, dont les coefficients varient comme du simple au quadruple sur deux échantillons seulement. La dureté varie dans le même sens que la teneur en silice, il suffit d'en tailler des plaques minces pour s'en rendre compte. On voit de

plus que, d'ordinaire, plus une lydienne est schisteuse, moins elle est injectée, par suite moins dure elle est.

Les lydiennes à graptolithes sont relativement tendres.

A remarquer aussi la grande dureté moyenne de cette roche par rapport au quartz. Si l'on prend avec M. Jannetaz l'inverse du coefficient d'usure comme mesure de la dureté, on trouve comme rapport de celle de la lydienne noire fortement silicifiée à celle du quartz blanc le nombre $\frac{1,15}{0,38} = 3,02$. Cette roche est donc trois fois plus dure que le quartz blanc. Ce quartz n'étant pas lui-même une substance minéralogique bien définie, il ne l'aurait pas donner à des rapports tels que le précédent la valeur de mesures de la dureté relative considérée comme une constante physique.

On pourrait aussi utiliser les nombres précédents à déterminer quel serait le parcours nécessaire pour amener, dans telles conditions d'abrasion, une réduction de volume d'un galet de 50 %, 60 %, etc., ou tout au moins l'ordre de grandeur de ce parcours.

Supposons par exemple une sphère s'usant sous l'action de son propre poids P : alors la force pressante est $F_p = P$. Soit K le coefficient d'usure dans ces conditions, on a (p, 24) :

$$B_{\mu} v \sqrt{h} = \left(- \frac{dV}{dL} \right)_P \quad \frac{1}{R^2} = \frac{K}{R_0^2}$$

R_0 étant le rayon initial et :

$$\sqrt{R} = \sqrt{R_0} - \frac{KL}{8\pi R_0^2}$$

Supposons par exemple le quartzite précédent, On a :

$$K = \frac{1,74 \cdot 10^{-4} \times 9,471}{3800} = 4,33 \cdot 10^{-7}, \quad R_0 = 0,943 \text{ cm.}$$

$$L = \frac{8\pi R_0^2 \left[\frac{1}{R_0^2} - \frac{1}{R^2} \right]}{K}$$

K_c étant la valeur de K corrigée de ce fait que le corps est dans

l'eau. Un corps de densité μ n'a donc plus pour densité apparente que $\mu - 1$ et :

$$K_o = \frac{\mu - 1}{\mu} K,$$

donc finalement :

$$L = \frac{\mu}{\mu - 1} \frac{8\pi R_o^{\frac{5}{2}} \left[R_o^{\frac{1}{2}} - R^{\frac{1}{2}} \right]}{K}.$$

$$\mu = 2,76, \quad R_o^{\frac{5}{2}} = 0,859, \quad R_o^{\frac{1}{2}} = 0,971.$$

Le galet serait donc en poussière au bout d'un parcours de :

$$L = \frac{2,76 \times 8 \times 3,14 \times 0,859 \times 0,971}{1,76 \times 4,33} 10^7 = 7,6.10^7 \text{ m.}$$

$$L = 7,6.10^4 = 76\,000 \text{ km.}$$

Le galet devrait donc faire près de deux fois le tour de la terre. On a vu d'ailleurs plus haut pourquoi ce nombre est purement théorique.

Quel a été le chemin parcouru à partir du point où le rayon était double (près de 2 cm.)?

Alors :

$$R^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} R_o^{\frac{1}{2}},$$

d'où :

$$L_{\frac{1}{2}} = L_o (1 - \sqrt{2}) = -0,414 L_o = -31\,400 \text{ km.}$$

Si l'on admet avec les océanographes qu'un galet brassé par la mer le long d'une côte effectue entre deux quelconques de ses positions un parcours total égal environ à mille fois leur distance comptée parallèlement au rivage, on voit qu'il suffit d'un déplacement d'une trentaine de kilomètres parallèlement à la côte pour réduire de moitié le diamètre d'un de ces galets.

On pourrait faire le même calcul pour le quartz et la lydienne. La valeur de L trouvée plus haut montre en outre qu'à égalité de diamètres moyens et de poids spécifiques, les parcours

nécessaires pour provoquer une même diminution de taille sont proportionnels aux coefficients de dureté, ou inversement proportionnels aux coefficients d'usure. Il en sera d'ailleurs toujours ainsi chaque fois que la relation élémentaire sera de la forme :

$$-\frac{dL}{dV} = Kf(R),$$

$f(R)$ ne contenant pas le coefficient K .

Des résultats plus précis des expériences précédentes seront les valeurs des parcours-limites relatifs de galets de dureté et de taille différentes.

Ainsi, pour le quartz blanc, on a :

$$K_e = \frac{1,155 \times 10^{-4} \times 10,402}{3800} = 3,138 \cdot 10^{-7} \quad R_e = 0,974.$$

$$L \text{ limite} = \frac{2,66 \times 8 \times 3,14 \times 0,932}{1,66 \times 3,138} 10^7 = 119500 \text{ km.}$$

Le diamètre était double à une distance de 49500 km.

Pour la lydienne quartzreuse, non schisteuse (pour la lydienne schisteuse, ce calcul n'aurait aucun sens), on a :

$$R_e = 1^{\text{cm}}, 228.$$

$$K_e = \frac{0,502 \times 10^{-4} \times 13,602}{3800} = 1,799 \cdot 10^{-7} \quad R_e = 1,071.$$

$$L \text{ limite} = \frac{2,655 \times 8 \times 3,14 \times 1,228}{1,655 \times 1,799} 10^7 = 274000 \text{ km.}$$

Le diamètre était double à 113800 km. (1).

Ces nombres montrent cependant que les distances limites sont fort différentes pour les quartzites, les quartz et les lydiennes. Il en résulte donc ces faits : ou que les trois roches quartz filonien, quartzite et lydienne se sont fragmentées en morceaux de

1. Dans l'étude de l'usure des galets d'un conglomérat, il faudrait faire intervenir, outre l'usure par frottement, comme dans le calcul ci-dessus, l'usure par roulement et l'usure au choc qui, sur un parcours donné, interviennent plus souvent que la première et dans une proportion inconnue. L'usure kilométrique réelle doit donc être inférieure à l'usure par frottement seul.

tailles initiales très inégales et proviennent de la même région, après avoir parcouru pour arriver à la taille des galets de l'expérience plusieurs centaines de milliers de kilomètres, ou qu'elles se sont divisées en fragments de tailles initiales égales et n'ont pas même provenance.

En réalité, nous savons *a priori* qu'une grande partie des quartz proviennent de filons des quartzites et ont en général une taille initiale un peu inférieure à ces derniers; mais, comme tous les terrains cristallins en fournissent, et que de grandes régions cristallines ont été sûrement arasées aussi par la transgression triasique, on ne peut rien en conclure.

Quant aux lydiennes, étant donnée l'absence d'affleurements de *roches identiques aux galets du grès vosgien*, tant en France que même en Allemagne (celles de Thuringe, celles même des conglomérats houillers de Sarrebruck sont différentes), il est fort difficile de préjuger de la taille initiale des fragments de ces roches. Cependant, étant donnée la taille de nombreuses lydiennes du *Hauptkonglomerat*, qui atteint presque celle des quartzites et dépasse la taille moyenne des quartz, on reste en deçà de la vérité en admettant une égalité de volume initiale pour les deux roches.

Il résulte de là que certaines lydiennes siliceuses les plus dures ont parcouru un chemin plus que double du trajet moyen des quartz filoniens, et si l'on admettait l'égalité initiale avec les quartzites, ce chemin serait au moins quatre à cinq fois supérieur à celui de ces dernières roches, d'autant plus que je n'en ai étudié précédemment que les plus dures.

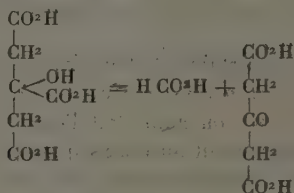
RECHERCHE

DE

L'ACIDE CITRIQUE

Par G. FAVREL

On sait que l'acide citrique mis en présence d'acide sulfurique concentré se décompose en acide acétone dicarbonique et acide formique suivant l'équation :



Ayant eu dernièrement l'occasion de préparer l'acide acétone dicarbonique en utilisant cette réaction, j'ai pensé que, s'il était possible de réaliser pratiquement et commodément cette transformation, on pourrait de la production même de cet acide conclure à la présence de son générateur l'acide citrique.

Voici comment il convient d'opérer pour atteindre ce but :

« La solution dans laquelle il faut rechercher l'acide citrique sera évaporée à sec, de manière à obtenir un résidu renfermant quelques centigrammes d'acide citrique ou de citrate, qui sera ensuite introduit dans un tube à essai contenant 5 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré.

« La réaction commence aussitôt et s'annonce par un dégage-

ment de petites bulles d'oxyde de carbone, résultant de l'action sulfurique concentrée sur l'acide formique produit; on la termine en maintenant le tube à essai dans un bain-marie bouillant pendant une minute.

« Le contenu du tube est alors refroidi par immersion dans l'eau froide puis à ce moment additionné de 5 centimètres cubes d'eau et refroidi de nouveau. »

Par agitation avec de l'éther sulfurique, lavage de la dissolution éthérée, évaporation de celle-ci, on obtient un résidu le plus souvent cristallin, qui est dissous dans 2 ou 3 centimètres cubes d'eau. Avec la dissolution ainsi obtenue, on peut faire la réaction suivante pour caractériser l'acide acétone dicarbonique :

Une petite quantité de cette solution additionnée d'une goutte de perchlorure de fer neutre et étendu, donne immédiatement une coloration rouge vineuse disparaissant par un excès d'acide minéral.

Dans le cas où la solution primitive contiendrait des formiates ou des acétates, on pourrait rechercher l'acide citrique sans faire subir de modification au mode opératoire, les acides formique ou acétique libres n'exerçant aucune action sur le chlorure ferrique.

Si enfin la solution primitive contenait de l'acide salicylique ou des salicylates, on éliminerait au préalable cet acide par précipitation avec un excès d'acide chlorhydrique et agitation avec de l'éther sulfurique.

Enfin avec la solution d'acide acétone dicarbonique obtenue comme précédemment, on obtient les réactions suivantes :

1° Avec le chlorure d'or à l'ébullition coloration violette par suite de la production d'or réduit, cette réaction est aussi sensible que la précédente;

2° Avec le nitrate d'argent ammoniacal, précipité noir d'argent réduit;

3° Avec le chlorure de palladium, précipité noir de palladium réduit;

4° Avec le sulfate mercurique acide, production d'un précipité blanc, à froid, de sulfate mercurieux;

5° Avec la solution de ferricyanure et de perchlorure de fer, production de bleu de Prusse.

L'USAGE DU BAROMÈTRE

POUR L'ÉTUDE DES

RÉGIONS FAIBLEMENT PLISSÉES

Par HENRY JOLY

Dans une note que nous avons présentée, M. Nicklès et moi, à l'Académie des sciences, le 11 mai 1907, sur la *Tectonique du nord de Meurthe-et-Moselle*, nous avons donné les résultats de l'étude tectonique de notre région ; résultats mis en évidence sur la carte annexée à cette note.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que cette étude a eu pour origine les recherches de houille en Meurthe-et-Moselle ; il s'agissait, d'après le principe exposé par M. Nicklès dans son intéressante brochure : *De l'existence possible de la houille en Meurthe-et-Moselle*, de placer les sondages sur les points où les terrains secondaires sont le plus saillants, de manière à avoir l'épaisseur minimum de morts terrains pour arriver au houiller. Dans la même brochure, M. Nicklès indiqua une série de points géologiquement élevés et, par conséquent, favorables aux recherches.

Mais les contours des dômes et des cuvettes signalés demandaient à être tracés avec une plus grande précision, et c'est pour parvenir à ce but que j'ai songé à appliquer à la région lorraine la *méthode des courbes de niveau* qui consiste à traduire en courbes de niveau, sur une carte, le relief d'une surface géologique déterminée, la limite entre deux étages par exemple. Cette méthode n'est pas nouvelle, elle a été employée par M. Marcel Bertrand qui traça de 50 en 50 mètres les courbes de niveau de toute la France ;

par M. Rolland pour le toit de la formation ferrugineuse dans le bassin de Briey (feuilles de Metz et de Longwy); par M. Villain pour le mur de la couche grise dans le même bassin; par M. Gosselet pour le bassin houiller du Nord; enfin, par M. Van Verwecke pour le trias d'Alsace. Cependant, pour tracer les courbes de niveau du toit des argiles de Levallois dans notre région, il était nécessaire d'avoir les cotes d'affleurement de ces terrains dans le plus de points possible, et l'on ne pouvait songer à utiliser, comme pour le bassin de Briey et le bassin du Nord, les cotes données par les sondages, parce que la plupart de ces sondages n'étaient pas encore commencés et que ceux existants étaient trop éloignés les uns des autres : Éply, Atton, Pont-à-Mousson, Lesménils et Abaucourt.

Il fallait donc chercher un procédé permettant d'obtenir des cotes nombreuses et précises, la carte d'état-major n'étant pas utilisable à ce point de vue. On ne pouvait songer à faire du nivellement de précision, ce qui aurait demandé trop de temps; il ne restait plus qu'à utiliser le baromètre. Cet instrument, comme on sait, est destiné à mesurer la pression de l'air sur la surface du sol; cette pression est proportionnelle à la hauteur de la colonne d'air au-dessus du point considéré. Il en résulte que, si l'on s'élève, la hauteur de la colonne d'air existant au-dessus de l'observateur diminue, et le baromètre indique une pression moins forte. Or, en physique il est établi que, pour une colonne d'air moins forte de 280 mètres, le baromètre indique une pression, estimée en millimètres de mercure, de 25 millimètres en moins, mais seulement si l'on ne s'écarte pas trop de la pression que l'on a prise pour base et qui est celle de 760 millimètres de mercure (pression moyenne au niveau de la mer). Si, en effet, l'on s'éloigne seulement de la pression normale d'une centaine de millimètres de mercure, c'est-à-dire si l'on monte à une altitude d'environ 1 000 mètres, on constate que la différence de hauteur de mercure pour une même dénivellation de 280 mètres n'est plus que de 22 millimètres environ, ce qui s'explique par la moindre densité de l'air au fur et à mesure que la pression est moins forte, ce qui du reste a lieu aussi pour le mercure, mais dans une autre proportion.

Quoi qu'il en soit, la loi qui préside aux proportions existantes entre la hauteur de la colonne de mercure dans un baromètre, et la hauteur de la colonne d'air, lorsque l'on fait varier la colonne

d'air, a été établie rigoureusement et mathématiquement. Il en résulte que l'on peut établir sur les baromètres, en regard de la graduation en millimètres de mercure, une graduation en mètres, correspondant aux variations d'altitude.

Cependant, la pression atmosphérique est soumise à des variations continuelles, et il est nécessaire de tenir compte de ces variations lorsque l'on se sert du baromètre comme instrument de nivellement. Les corrections à faire sont assez délicates, et, comme l'usage du baromètre est destiné peut-être à devenir fréquent dans les études de tectonique, j'ai cru utile d'exposer en détail la méthode que j'ai suivie.

Le baromètre employé est un *baromètre anéroïde, holostérique, compensé, de la maison Naudet, à Paris*, qui a été fourni au laboratoire de géologie par M. Bellieni, opticien à Nancy. Le cadran porte deux graduations concentriques, l'intérieure correspond aux millimètres de mercure; les petites divisions de cette graduation indiquent de deux en deux les dixièmes de millimètre. La graduation extérieure donne la hauteur en décamètres, les divisions intermédiaires sont de 2 mètres en 2 mètres. Le zéro de la graduation en mètres correspond au 760 de la graduation en millimètres de mercure. Comme la pression diminue à mesure que l'on s'élève en altitude, les deux graduations croissent et décroissent en sens inverse l'une de l'autre. L'instrument est gradué de — 300 mètres à + 1 000 mètres, il n'est utilisable que dans ces intervalles, car, si ces limites étaient dépassées, il pourrait être faussé.

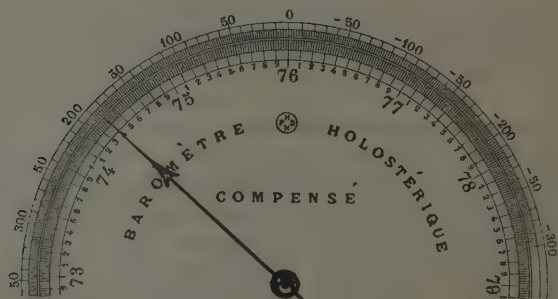


FIG. 1. — Portion de cadran du baromètre

Il est nécessaire que le baromètre soit réglé sur l'altitude du lieu, autrement, il pourrait s'introduire des erreurs dues à l'inégalité de distance qui, corollaire de la loi indiquée plus haut, existe entre les divisions métriques.

L'aiguille indicatrice est terminée par une partie effilée très fine, afin de supporter l'emploi de la loupe pour la lecture et l'estimation des quarts de division. On arrive ainsi à lire couramment, même sans l'aide de la loupe, le quart de division, ce qui correspond à 50 centimètres de dénivellation. La précision de la lecture est donc plus que suffisante, car elle donne une approximation bien plus grande que celle que l'on obtient après les corrections dues aux variations de pression. Cependant, la lecture est assez délicate, car il est nécessaire, lorsqu'on fait un cheminement sur le terrain dans le but de relever les cotes d'altitude de différents points, de prendre des précautions sans lesquelles on peut tomber dans de fortes erreurs :

1° La lecture de l'instrument doit toujours être faite de la même façon, c'est-à-dire que la position que l'on donne au baromètre au moment de la lecture doit toujours être identique ; les erreurs que l'on peut faire si l'on n'observe pas cette règle peuvent aller jusqu'à 10 mètres. *Il est nécessaire de donner au baromètre une position horizontale pour la lecture* : dans cette position, en effet, le poids des différentes pièces du mécanisme et de l'aiguille n'agit en rien sur la position de celle-ci.

D'autre part, quand on arrive en un point dont on veut prendre la cote, il faut laisser à l'appareil le temps de se mettre au point, c'est-à-dire de vaincre l'inertie du mécanisme, ce qui demande cinq à dix minutes, et l'on s'assure, avant de faire la lecture, que la position de l'aiguille est définitive, en donnant avec les doigts de petits coups secs sur le cadran ; si l'aiguille ne change plus de position, ou si ses oscillations se font également à droite et à gauche, la position de l'aiguille est définitive, l'instrument est au point, et l'on doit faire la lecture ;

2° Il faut avoir soin, en second lieu, d'éviter les changements trop brusques de température qui peuvent avoir une répercussion sur la dilatation des pièces du mécanisme ; c'est pour cette raison, du reste, que l'on enferme l'instrument dans un étui en cuir doublé de flanelle ;

3° Dans les cheminements, il faut éviter autant que possible les

changements de sens dans la marche, ascension, descente, car, à chacun de ces changements, le baromètre demande un temps plus long pour se mettre au point, surtout si les changements sont brusques, si après avoir monté une côte rapide par exemple, on descend ensuite dans un ravin.

A ces précautions relatives à l'instrument lui-même, s'ajoutent d'autres précautions non moins importantes et utiles surtout pour permettre de faire les corrections avec une plus grande approximation.

Pendant un cheminement, on ne doit jamais négliger de se rapporter à une cote connue : la cote d'une gare de chemin de fer, d'un passage à niveau, d'un pont, points où l'on rencontre presque toujours des indications précises de l'altitude ; il ne faut pas, du reste, se rapporter aux points cotés de la carte d'état-major qui sont difficiles à repérer et ne sont pas rapportés au même plan de base que les cotes des gares et des ponts.

Lorsqu'on ne peut se rapporter à des cotes connues, il faut employer le *cheminement par cycles fermés*, c'est-à-dire repasser après deux ou trois heures de marche à un point que l'on a déjà coté pour en prendre à nouveau la cote. Il est bien entendu cependant que l'on doit avoir, au départ, rapporté son instrument à une cote réelle et qu'on doit aussi le rapporter à une cote semblable à la fin de la tournée. Chaque fois, au cours de la tournée, que l'on s'arrête en un point plus d'un quart d'heure, il faut lire le baromètre à l'arrivée et au départ.

Enfin, chaque fois que l'on fait une lecture barométrique, il est utile de *noter l'heure à laquelle elle est faite*.

On réunit ainsi le plus grand nombre d'éléments possible pour établir les corrections. Pour les faire, on se sert des indications données par un baromètre enregistreur, mais à titre d'indication seulement, car si, le plus souvent, la pression dans les deux régions plus ou moins éloignées, celle où se trouve le baromètre enregistreur et celle où l'on a travaillé, a varié dans le même sens, elle n'a généralement pas varié de la même quantité.

On trace ensuite, en se servant des cotes exactes auxquelles on s'est rapporté et des indications données par les points de recoupement, la courbe des variations de la pression. On n'a plus, alors, pour déduire la cote réelle des points relevés, qu'à faire des soustractions ou des additions graphiques. Il est pour cela préférable

d'établir la courbe des variations de pression en portant les hauteurs en mètres plutôt qu'en millimètres de mercure; les longueurs sont comptées en heures et minutes.

Prenons, pour fixer les idées, un exemple de cheminement. Ce cheminement a été fait aux environs de Brin.

DÉSIGNATION DES POINTS		COTES réelles	COTES baromé- triques	HEURES
Point coté	n° 1. Gare de Brin	202,86	126	6h40
	2. Argiles de Levallois, carrière au S. O. de Brin. .	»	151	7 00
	3. — à 300 mètres plus loin . . .	»	143	7 10
	4. — sur la voie du chemin de fer. .	»	139	7 30
	5. — dans les champs en face . .	»	139	7 35
	6. — dans le chemin de Brin. .	»	143	8 00
	7. — derrière le village de Brin .	»	149	8 10
	8. Petit pont.	198,84	122	8 30
	9. Argiles de Levallois, avant Bey.	»	141	9 00
	10. Pont de Bey	199,45	124	9 15
	11. Argiles de Levallois, à Lanfroicourt.	»	145	10 00
	12. — au cimetière de Bey	»	148	10 45
	13. { Auberge, arrivée	»	136	11 00
	— départ.	»	138	12 00
	8. Petit pont	198,84	122	1 45
	14. Argiles de Levallois, vers Bioncourt, n° 1 . . .	»	148	2 10
	15. — — n° 2	»	154	2 20
	16. — — n° 3	»	159	2 40
	1. Gare de Brin	202,86	125	3 10

Ce cheminement est un grand cycle fermé où l'on s'est recoupé plusieurs fois; ainsi le point n° 8 a été coté deux fois à cinq heures d'intervalle : le tronçon compris entre les deux cotes de ce point forme un cycle fermé, les autres tronçons aussi forment par le même fait des cycles fermés. Enfin, on a eu, outre la cote du point de départ et celle du point d'arrivée, gare de Brin, deux autres points à cote réelle connue par un repère Bourdaloue : point n° 8 et point n° 10.

Construction de la courbe des variations barométriques dues aux différences de la pression atmosphérique

On s'est rapporté pour connaître le sens des variations au baromètre enregistreur de M. Bellieni, à Nancy. La courbe enregistrée par le baromètre présentait un minimum vers midi.

Pour faire la correction, nous portons en abscisses les heures et minutes et en ordonnées les cotes relevées barométriquement aux points dont on connaît la cote réelle, en prenant comme zéro, en chacun de ces points, la cote réelle du lieu, c'est-à-dire que l'on porte la différence entre les deux cotes avec le signe + si la cote barométrique est plus faible que la cote réelle et avec le signe — dans le cas inverse.

Ainsi pour le point n° 1 nous portons $203 - 126 = 77$, en arrondissant le chiffre 203 au lieu de 202,86. Pour le point n° 8 coté la première fois, nous portons $199 - 122 = + 77$; pour le point n° 10, $199 - 124 = + 75$; pour le point n° 8 coté la seconde fois, $199 - 122 = + 77$; enfin, pour la gare de Brin au retour, $203 - 125 = + 78$. Nous observerons en outre que, entre le point de départ et le point d'arrivée à l'auberge, la pression atmosphérique a baissé de 2 mètres.

Tous ces points une fois portés, on les joint par une courbe qui est la courbe des variations barométriques exprimées selon les divisions en mètres du baromètre.

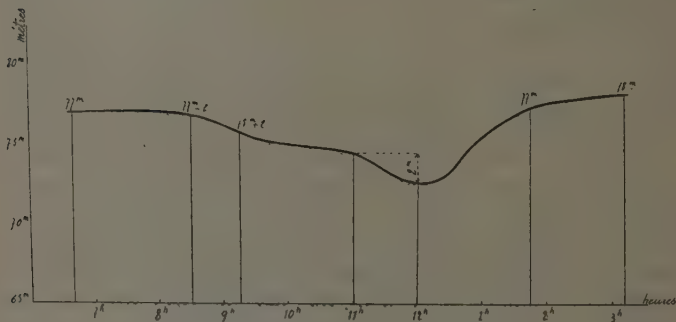


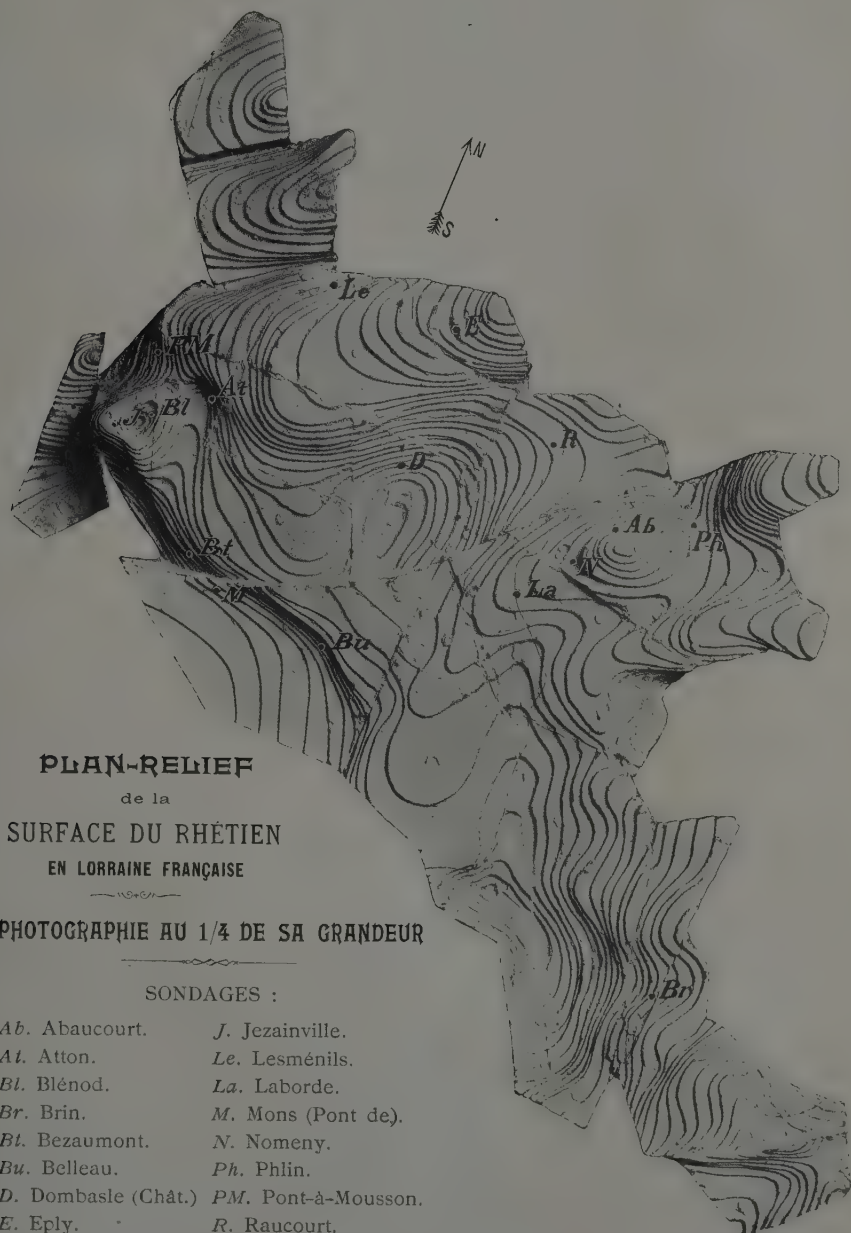
FIG. 2. — Courbe des variations barométriques.

Il ne reste plus maintenant, pour calculer les cotes réelles des points que l'on veut avoir, qu'à ajouter à chacune des cotes lues au baromètre la hauteur, avec son signe, de la courbe à l'heure où la cote a été prise.

Ainsi à 7 heures nous ajouterons $+ 77^m$ soit $151 + 77 = 228$, à 7^h10 nous ajouterons $+ 77^m$, etc.

Il est à remarquer que la précision est assez grande dans

Année 1907



l'exemple choisi, parce que les variations barométriques ont été faibles et que les points de repère étaient nombreux.

On a souvent des opérations moins précises, et l'erreur peut descendre à 2 ou 3 mètres, elle n'est jamais inférieure à 1 mètre; lorsqu'elle dépasse 3 mètres, on rejette l'observation et l'on recommence une nouvelle tournée sur le terrain si l'équidistance des courbes de niveau que l'on se propose de tracer est de 5 mètres.

En résumé, l'usage du baromètre permet une approximation assez grande, les erreurs étant facilement réduites à 1 ou 2 mètres pour une excursion, si l'on n'a pas affaire à de trop grandes dénivellations; on peut donc se servir avantageusement de cet instrument pour faire du nivellement expédié et, en géologie, pour relever les plissements et les pendages de couches de terrain, ainsi que le rejet des failles; les problèmes de tectonique deviennent ainsi des problèmes de géométrie cotée et la configuration tectonique d'une région peut se fixer sur une carte et se reproduire en plan relief. J'ai dressé en effet un *plan relief de la surface des marnes de Levallois*, dans notre région, en découpant dans des feuilles de carton le tracé des courbes de niveau de cette surface, et en empilant ces feuilles de carton les unes sur les autres, selon le procédé qui m'avait été indiqué par M. Thoulet. L'épaisseur d'un carton représente une hauteur de 5 mètres, et l'échelle planimétrique est de $\frac{1}{50\,000}$.

Remarque. — On peut quelquefois éviter de cheminer par cycles fermés lorsque l'on est en pays assez découvert, en utilisant le niveau-lyre du colonel Goulier avec lequel on fait des visées sur un point coté auparavant. Mais l'approximation est moins grande. On se servira surtout de cet appareil pour se reporter à un point coté lorsqu'on a quelques raisons de craindre que les variations de la pression atmosphérique ne soient devenues assez fortes, et qu'on n'a pas d'autre moyen de le vérifier.

NÉCROLOGIE

Dans le courant du mois de mai, la Société des sciences a fait une perte considérable en la personne de M. LUCIEN BOPPE, ancien directeur de l'École nationale des eaux et forêts, officier de la Légion d'honneur.

Il nous appartenait depuis vingt ans comme membre titulaire et fut notre président durant l'année 1891. Très assidu à nos séances, il prenait une part active aux discussions qui s'engagent à la suite des communications et sa parole était toujours écoutée avec la déférence due à sa haute science comme à sa longue pratique des questions forestières, et aussi avec la sympathie que lui méritait sa parfaite urbanité.

Né à Nancy le 3 juillet 1834, d'une vieille et honorable famille de notre cité, l'heure de la retraite n'avait pas été pour lui l'heure du repos. Mêlé activement à la vie publique, il fut longtemps conseiller municipal, il était resté membre de nombreuses sociétés et commissions, administrateur des hospices, s'occupant beaucoup d'œuvres charitables. Avec lui disparaît un savant distingué et un vrai philanthrope.

Après sa sortie de l'École forestière et un stage à Saint-Dié, il débutait comme garde général à Saint-Dié; nommé sous-inspecteur en Savoie, il ne tardait pas à revenir dans le Nord-Est, comme membre de la commission d'aménagement de la Marne et des Ardennes, poste qu'il quittait en 1868 pour prendre la direction du cantonnement alors attaché à l'École forestière; appelé en 1881 à la sous-direction de l'établissement, il y devenait en même temps professeur titulaire du cours d'économie forestière. En 1893, il fut nommé directeur de l'École, poste qu'il occupa jusqu'au 15 octobre 1898, époque à laquelle, pour des raisons de santé, il crut devoir demander sa retraite. M. Boppe était membre

du Conseil supérieur de l'agriculture et correspondant de la Société nationale d'agriculture (section de sylviculture). Il est l'auteur d'assez nombreux travaux imprimés parmi lesquels on peut citer comme particulièrement importants : *Cours de technologie forestière*, 1886; *Traité de sylviculture*, 1889; *Chasse et pêche en France*, 1900; *Les Forêts*, en collaboration avec M. Jolyet, 1900.

